

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем
управління ім. проф. А.П. Ладанюка

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Андрій ФОРСЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

« ___ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Комп'ютерні технології та програмування в
автоматизованих системах управління

на тему: Автоматизована система управління виробництвом молока
питного ультрапастеризованого 2,6% жирності, з підсистемою управління
пастеризацією

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 1

_____ Шобей Павло Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник _____ Полупан Володимир Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

(підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

(підпис)

_____ (ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент _____ Грибков С. В

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____

(підпис)

Київ - 20__ р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь Магістр
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Ярослав Смітюх

“ ” 20 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шобєя Павла Васильовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система управління виробництвом молока питного ультрапастеризованого 2.6% жирності з підсистемою управління пастеризації

керівник роботи Полуван Володимир Володимирович – доцент, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 20 року №

2. Строк подання здобувачем роботи

3. Вихідні дані до роботи Робоче завдання, методичні рекомендації, результати переддипломної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Зміст. Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та мета магістерської роботи. Розділ 2. Загальносистемні рішення. Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом. Розділ 4. Індивідуальне завдання. Висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу

Схема автоматизації, схема функціональної структури, структурна схема, схеми принципів живлення,

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена розробці та впровадженню автоматизованої системи управління виробництвом ультрапастеризованого питного молока жирністю 2,6%, що є важливою складовою для забезпечення стабільності виробничих процесів у молочній галузі. Використання сучасних технологій автоматизації у виробництві молочної продукції дозволяє досягти високого рівня якості та безпеки продукту, що є ключовими вимогами споживачів та регуляторних органів. Процес ультрапастеризації, який є основним етапом технологічного циклу, забезпечує подовження терміну зберігання молока без необхідності додавання консервантів, зберігаючи при цьому всі цінні поживні властивості продукту.

Запропонована автоматизована система управління включає в себе підсистему контролю та управління пастеризацією, що реалізується за допомогою сучасних промислових контролерів і системи SCADA. Це дозволяє оперативно відслідковувати та регулювати критичні параметри, такі як температура, тиск і час обробки, з метою забезпечення стабільного та повторюваного виробничого процесу. Підсистема також дозволяє автоматично коригувати процеси в разі відхилення від встановлених нормативів, мінімізуючи ризики людських помилок та сприяючи підвищенню гігієнічності і безпечності продукції.

Робота також містить аналіз економічних та екологічних переваг від впровадження автоматизованої системи. Зокрема, оптимізація витрат енергії та сировини в процесі виробництва дозволяє знизити операційні витрати, а точний контроль за технологічними параметрами забезпечує високу якість готової продукції. Крім того, автоматизація знижує залежність процесу від людського фактора, що дозволяє підвищити продуктивність та ефективність підприємства, сприяючи його конкурентоспроможності на ринку.

Результати досліджень демонструють, що впровадження автоматизованої системи управління виробництвом ультрапастеризованого молока здатне значно підвищити рентабельність підприємства, забезпечити відповідність продукції високим стандартам якості та задовольнити зростаючий попит споживачів на безпечні та натуральні молочні продукти.

Ключові слова: автоматизована система управління, ультрапастеризоване молоко, підсистема управління пастеризацією, SCADA, промислові контролери, харчова безпека, молочна галузь, контроль якості, автоматизація процесів, енергозбереження.

ANNOTATION

The master's thesis is devoted to the development and implementation of an automated production management system for ultra-pasteurized drinking milk with a fat content of 2.6%, which is an important component for ensuring the stability of production processes in the dairy industry. The use of modern automation technologies in the production of dairy products allows to achieve a high level of product quality and safety, which are key requirements of consumers and regulatory authorities. The ultra-pasteurization process, which is the main stage of the technological cycle, ensures the extension of the shelf life of milk without the need to add preservatives, while preserving all the valuable nutritional properties of the product.

The proposed automated control system includes the pasteurization control and management subsystem, which is implemented using modern industrial controllers and the SCADA system. This allows critical parameters such as temperature, pressure and processing time to be monitored and adjusted quickly to ensure a stable and repeatable production process. The subsystem also allows for automatic correction of processes in case of deviation from established standards, minimizing the risks of human errors and contributing to the improvement of hygiene and safety of products.

The work also includes an analysis of the economic and environmental benefits of implementing an automated system. In particular, optimization of energy and raw material consumption in the production process allows to reduce operating costs, and precise control over technological parameters ensures high quality of finished products. In addition, automation reduces the dependence of the process on the human factor, which allows to increase the productivity and efficiency of the enterprise, contributing to its competitiveness in the market.

Research results show that the introduction of an automated management system for the production of ultra-pasteurized milk can significantly increase the profitability of the enterprise, ensure compliance of products with high quality standards, and satisfy the growing demand of consumers for safe and natural dairy products.

Keywords: automated control system, ultra-pasteurized milk, pasteurization control subsystem, SCADA, industrial controllers, food safety, dairy industry, quality control, process automation, energy saving.

ЗМІСТ

Вступ	9
Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та мета магістерської роботи ..	12
1.1 Загальна характеристика технологічного комплексу.....	12
1.2 Наукові основи управління виробництвом молочної продукції.....	22
1.3 Постановка задачі дослідження.....	25
Розділ 2. Загальносистемні рішення.....	28
2.1 Загальний опис об'єкту та системи.....	28
2.2 Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання.... Ошибка! Закладка не определена. 32	
2.3 Опис інформаційного забезпечення АСУТП виробництва та основного відділення.....	39
Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом.....	45
3.1 Розробка загальної моделі ієрархії обладнання.....	45
3.2 Схема автоматизації та специфікація.....	47
3.3 Схема компонування та специфікація ПЛК, опис програми управління.....	49
Розділ 4. Індивідуальне завдання.....	57
4.1 Моніторинг енергоефективності парового котла.....	57
Висновки	64
ЛІТЕРАТУРА	65

ВСТУП

Молочна промисловість є однією з найважливіших галузей агропромислового комплексу України та світу, оскільки забезпечує населення високоякісними продуктами харчування, зокрема молоком та його похідними. Зі зростанням вимог споживачів до якості продуктів та їх тривалого зберігання виникає необхідність у впровадженні сучасних методів обробки молочної продукції. Традиційні способи пастеризації забезпечують належний рівень очищення, проте ультрапастеризація є більш ефективним методом для виробництва молока тривалого зберігання, оскільки при правильному технологічному підході цей процес дозволяє зберегти смакові, поживні та корисні якості продукту [1],[2].

Ультрапастеризація молока — це процес короткочасного нагрівання до високих температур, що дозволяє знищити бактерії та патогени, подовжуючи термін зберігання молока без додавання консервантів. Цей метод стає особливо актуальним у сучасних умовах, де попит на зручні у зберіганні та екологічно чисті продукти лише зростає. Завдяки ультрапастеризації молоко стає доступним для тривалого зберігання в упаковці при кімнатній температурі, що значно знижує логістичні витрати та дозволяє споживачам насолоджуватися свіжим молоком навіть через тривалий час після виробництва [3],[4].

Впровадження автоматизованих систем управління процесом ультрапастеризації є важливою умовою для забезпечення стабільності та якості виробництва. Такі системи дають змогу точно контролювати параметри процесу, такі як температура, тиск і час обробки, що є критичними для досягнення високої ефективності. Сучасні автоматизовані системи управління базуються на промислових контролерах та програмному забезпеченні SCADA, що дозволяє здійснювати моніторинг і контроль у реальному часі. Це не лише мінімізує вплив людського фактора, а й дозволяє оперативно реагувати на можливі відхилення у виробничому процесі [5],[6].

Автоматизація процесів у молочній промисловості є важливим етапом на шляху до підвищення економічної ефективності підприємств. Впровадження систем автоматизованого управління дає змогу оптимізувати виробничі витрати, знизити споживання енергетичних ресурсів, мінімізувати втрати сировини та забезпечити відповідність продукції стандартам безпеки. Завдяки автоматизації молокопереробні підприємства здатні ефективніше використовувати свої виробничі потужності, знижуючи витрати на технічне

обслуговування та забезпечуючи стабільність параметрів технологічних процесів [7],[8].

Основною метою даної роботи є дослідження та розробка автоматизованої системи управління виробництвом ультрапастеризованого молока з жирністю 2,6%, що включає підсистему управління пастеризацією. У роботі розглядаються сучасні підходи до проектування систем автоматизації та застосування промислових контролерів і програмного забезпечення SCADA для моніторингу технологічних параметрів. Також здійснюється аналіз технологічних рішень, що сприяють зниженню енергетичних витрат і забезпечують відповідність продукції вимогам якості [9],[10].

Застосування систем автоматизації дозволяє створити більш надійну і контрольовану виробничу інфраструктуру. Це сприяє зниженню витрат на обслуговування та модернізацію обладнання, а також підвищенню точності регулювання параметрів, що особливо важливо у виробництві молочних продуктів з тривалим терміном зберігання. Система SCADA надає змогу контролювати всі етапи виробництва: від подачі сировини до випуску готової продукції, що зменшує ймовірність помилок та сприяє підвищенню загальної ефективності процесу [11],[12].

Розвиток технологій у галузі автоматизації дозволяє застосовувати методи обробки великих даних, що робить виробничий процес більш прозорим та передбачуваним. Сучасні автоматизовані системи можуть збирати дані про роботу обладнання, виявляти потенційні відхилення, прогнозувати можливі збої та автоматично повідомляти персонал про необхідність корекцій. Такий підхід сприяє зменшенню втрат та підвищенню рівня безпеки виробничого середовища, що позитивно впливає на економічну ефективність підприємства [13],[14].

Отже, автоматизація процесів ультрапастеризації у виробництві молока є важливим напрямом для підвищення конкурентоспроможності молокопереробних підприємств. Це забезпечує стабільну якість продукції, знижує витрати та дозволяє швидко реагувати на зміни ринкових умов. Впровадження таких технологій є актуальним завданням для підприємств, що прагнуть відповідати високим вимогам якості та задовольняти зростаючий попит споживачів на натуральні продукти харчування [15],[16].

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Загальна характеристика технологічного комплексу

Технологія виробництва ультрапастеризованого молока є однією з найважливіших у харчовій промисловості, оскільки цей продукт забезпечує споживачів якісним молоком з тривалим терміном зберігання без втрати його поживних властивостей. Молоко питне ультрапастеризоване з вмістом жиру 2,6% є важливим елементом раціону споживачів, оскільки поєднує в собі всі корисні властивості натурального молока та зручність зберігання.

Технологічний комплекс виробництва ультрапастеризованого молока включає в себе низку взаємопов'язаних процесів, починаючи з прийому сировини і закінчуючи розливом готового продукту в асептичні упаковки. Кожен з етапів виробництва має свої специфічні вимоги до технологічного обладнання, контролю якості та умов проведення, що зумовлює необхідність автоматизації процесу для досягнення стабільної якості продукції та зниження виробничих витрат [17, 20].

Основні етапи технологічного процесу виробництва молока питного ультрапастеризованого включають:

1. Прийом і очищення молока

Прийом сировини є одним із перших і важливих етапів, оскільки якість кінцевого продукту значною мірою залежить від початкових характеристик молока. Після прийому молоко проходить через систему фільтрації для видалення механічних домішок і бактерій. Для цього використовуються сепаратори, які очищають молоко, зменшуючи вміст мікроорганізмів і покращуючи його санітарні показники [18, 22].

2. Нормалізація

Нормалізація полягає в регулюванні складу молока, зокрема його жирності та сухих речовин. Для виробництва питного молока з 2,6% жирності молоко розділяють на фракції, після чого до знежиреного молока додають вершки, забезпечуючи необхідний рівень жирності. Цей процес контролюється автоматизованими системами, які забезпечують точність вимірювань і стабільність параметрів продукції [23].

3. Гомогенізація

Гомогенізація – це механічний процес, що запобігає розшаруванню молока під час зберігання. У цьому процесі молоко піддається високому тиску, що призводить до подрібнення жирових кульок і рівномірного їх розподілу по всьому об'єму рідини. Це покращує консистенцію молока, робить його більш однорідним і сприяє підвищенню органолептичних властивостей продукту. На сучасних молокопереробних підприємствах гомогенізація проводиться з використанням автоматизованих установок, які забезпечують контроль тиску і швидкості обробки [19].

4. Пастеризація

Пастеризація молока є критичним етапом у виробництві, оскільки вона забезпечує знищення шкідливих мікроорганізмів, при цьому зберігаючи корисні властивості молока. На даному етапі молоко нагрівають до температури приблизно 75-85°C на кілька секунд. Важливим аспектом є те, що процес пастеризації повинен відбуватися під постійним контролем автоматизованої системи, яка відслідковує температурні показники та час обробки, щоб уникнути як недообробки, так і надмірного нагрівання молока [21].

5. Ультрапастеризація

Основною відмінністю ультрапастеризації від звичайної пастеризації є більш висока температура (135-150°C), при якій молоко обробляється протягом кількох секунд. Цей процес дозволяє знищити не лише патогенні мікроорганізми, але й спори, що робить молоко стабільним для тривалого зберігання без додавання консервантів. Автоматизовані системи управління ультрапастеризацією дозволяють точно регулювати всі параметри процесу, що гарантує безпеку продукції та збереження її поживних властивостей [17,24].

6. Розлив і пакування

Розлив ультрапастеризованого молока здійснюється в асептичних умовах, щоб запобігти потраплянню мікроорганізмів у готовий продукт. Пакування молока в спеціальні асептичні пакети або коробки дозволяє значно подовжити термін його зберігання. Автоматизовані системи пакування контролюють точність дозування і герметичність упаковки, що також впливає на якість кінцевого продукту.

Ієрархія технологічного комплексу

Технологічний комплекс виробництва молока можна розглядати як складну багаторівневу систему. Кожен з рівнів цієї системи виконує свою роль у забезпеченні ефективного та якісного виробництва:

1. Рівень підприємства – на цьому рівні здійснюється стратегічне управління підприємством, прийняття рішень щодо розвитку виробництва, управління ресурсами та контроль виконання планів. Система управління на рівні підприємства забезпечує загальну координацію між підрозділами та здійснює моніторинг економічних показників діяльності.
2. Рівень виробничого підрозділу (цеху) – тут зосереджено управління безпосередньо виробничими процесами. Цех ультрапастеризації молока забезпечує контроль за підготовкою сировини, процесом пастеризації, ультрапастеризації та розливом. На цьому рівні активно використовуються автоматизовані системи, що дозволяють контролювати параметри кожного етапу виробництва.
3. Рівень технологічного процесу – на цьому рівні керуються конкретними технологічними операціями. Кожна технологічна операція, як-от фільтрація, гомогенізація чи пастеризація, контролюється окремими автоматизованими системами. Це дозволяє забезпечити безперебійний хід виробничого процесу та швидке реагування на будь-які відхилення від норми [21].

Застосування принципу ієрархії в управлінні технологічним комплексом дозволяє підприємству оперативно реагувати на зміни зовнішніх умов, покращувати ефективність виробництва та забезпечувати високу якість продукції. У сучасних умовах, коли ринок вимагає високої гнучкості та адаптивності, така структура є однією з найефективніших [25].

Тенденції розвитку технологій

Сучасні тенденції у виробництві ультрапастеризованого молока орієнтовані на подальше впровадження автоматизації та роботизації виробничих процесів. Системи автоматизації дозволяють знизити залежність від людського фактору, мінімізувати кількість помилок і забезпечити стабільність характеристик продукції. Інноваційні технології, такі як

використання інтелектуальних систем управління (штучний інтелект, машинне навчання), дають змогу виявляти оптимальні режими роботи технологічних ліній і покращувати енергоефективність [26].

Окрім цього, розвиваються нові види упаковки, які ще більше подовжують термін зберігання молока, зберігаючи при цьому його свіжість та поживні властивості. Сучасні автоматизовані системи дозволяють також знижувати енерговитрати на виробництво та мінімізувати відходи, що є важливим аспектом для сталого розвитку підприємств [27].

Аналіз технологічного процесу

Виробництво ультрапастеризованого молока є складним технологічним процесом, який поєднує низку фізико-хімічних, біологічних та інженерних операцій. Цей процес спрямований на забезпечення стабільної якості готового продукту та його тривалого зберігання. Завдяки використанню високих температур і асептичних умов пакування, молоко, оброблене методом ультрапастеризації, може зберігатися без холодильника до 6 місяців, зберігаючи при цьому свої поживні властивості та смакові якості [28].

Процес ультрапастеризації полягає у швидкому нагріванні молока до температури 135-150°C протягом 2-5 секунд з наступним швидким охолодженням. Такий короткотривалий нагрів дозволяє знищити всі патогенні мікроорганізми, у тому числі спорові форми бактерій, які можуть вижити при звичайній пастеризації [29]. Завдяки цьому методу молоко не потребує додавання консервантів і при правильному пакуванні має тривалий термін зберігання.

Процес пастеризації забезпечується шляхом короткотривалого нагрівання молока до певної температури (72-75°C для короткотермінової пастеризації або до 85-90°C для високотемпературної пастеризації та понад 135°C для ультрапастеризації), після чого відбувається його швидке охолодження. Цей процес дозволяє знищити більшість патогенних мікроорганізмів, при цьому зберігаючи корисні властивості молока.



Рис.1 Зовнішній вигляд пастеризатора молока.

Основні види пастеризації:

1. Короткотермінова пастеризація (температура 72-75°C, тривалість 15-30 секунд).
2. Високотемпературна пастеризація (температура 85-90°C, тривалість 4-15 секунд).
3. Ультра пастеризація (температура понад 135°C, тривалість менше 2 секунд).

Опис пастеризаційної установки

Пастеризаційна установка включає такі основні компоненти:

- Пластинчастий або трубчастий теплообмінник. Основний елемент установки, де відбувається теплообмін між гарячим середовищем (паром) і молоком.
- Насос для циркуляції молока. Забезпечує рух молока через систему з потрібною швидкістю для підтримки стабільного процесу пастеризації.
- Рекупераційний теплообмінник. Застосовується для попереднього підігріву холодного молока за рахунок тепла пастеризованого молока.
- Датчики температури та тиску. Контролюють температуру молока на вході та виході теплообмінника, а також тиск у системі для запобігання втратам тепла та пошкодженням системи.
- Система контролю потоку. Автоматично регулює подачу молока, забезпечуючи рівномірний його прогрів.

Етапи процесу пастеризації

1. Нагрів молока. Молоко подається через теплообмінник, де воно нагрівається до необхідної температури. Для цього використовується або пар, або гаряча вода.

2. Утримання молока при високій температурі. Цей етап є критичним для знищення патогенів. У спеціальній камері молоко утримується при високій температурі протягом 15-30 секунд.

3. Швидке охолодження молока. Охолодження відбувається за допомогою охолоджувачів або у спеціальних теплообмінниках, де пастеризоване молоко віддає тепло холодному молоку, що входить у систему.

Переваги та особливості технології

Технологія ультрапастеризації дозволяє зберігати більшість корисних речовин у молоці. Зокрема, зберігається високий вміст білків, жирів, вуглеводів і мінеральних речовин. Молоко також залишається багатим на вітаміни групи В, вітамін D і кальцій, що робить його незамінним продуктом для щоденного споживання [30]. При цьому використання високих температур мінімізує втрати цих корисних компонентів, оскільки короткий час обробки зменшує їх руйнування.

Ультрапастеризація має кілька переваг порівняно з іншими методами обробки молока, такими як звичайна пастеризація або стерилізація:

- Тривалий термін зберігання без використання консервантів;
- Збереження поживної цінності та природного смаку продукту;
- Економічність у плані логістики та зберігання, оскільки продукт не потребує холодильного обладнання під час транспортування та реалізації [31].

Технологічний процес

Виробничий процес ультрапастеризації молока починається з підготовки сировини. Прийняте молоко очищають за допомогою сепараторів від механічних домішок і бактерій, після чого його нормалізують за жирністю. Нормалізація відбувається з використанням автоматизованих систем, які контролюють точність параметрів відповідно до рецептури [32].

Далі молоко проходить процес гомогенізації, який передбачає подрібнення жирових кульок під високим тиском, що забезпечує однорідну структуру продукту та запобігає його розшаруванню під час зберігання.

Після цього молоко піддається ультрапастеризації, де воно швидко нагрівається до високих температур і так само швидко охолоджується [33].

Завершальним етапом є асептичний розлив і пакування продукту в герметичні упаковки, які запобігають потраплянню мікроорганізмів з навколишнього середовища. Пакування молока відбувається в умовах, які відповідають високим санітарно-гігієнічним вимогам, що дозволяє уникнути повторного зараження продукту бактеріями [34].

Механізація та автоматизація процесу

Автоматизація та механізація процесу ультрапастеризації є важливим фактором для забезпечення стабільної якості продукту та зниження витрат на виробництво. Сучасні молокопереробні підприємства оснащені системами автоматизованого управління (АСУ), які дозволяють контролювати всі етапи технологічного процесу — від прийому молока до його розливу в упаковки. Це дозволяє зменшити втрати сировини, знизити ризик помилок через людський фактор і забезпечити відповідність кінцевого продукту високим стандартам якості [35].

Система АСУ дозволяє в реальному часі відслідковувати такі ключові параметри, як температура та тиск під час процесу ультрапастеризації, швидкість потоку молока та точність дозування під час пакування. Автоматизовані системи контролю забезпечують своєчасне виявлення відхилень і оперативне коригування процесу, що знижує ризик браку продукції [36].

Хімічний склад основної молочної сировини для виробництва ультрапастеризованого 2,6% жирності наступний:

1. Жири: 2,6% (характерно для продуктів цієї жирності).
2. Білки: близько 3,0-3,2%.
3. Лактоза: 4,6-4,8%.
4. Мінеральні речовини: 0,7-0,8%.
5. Вода: до 88-89%.

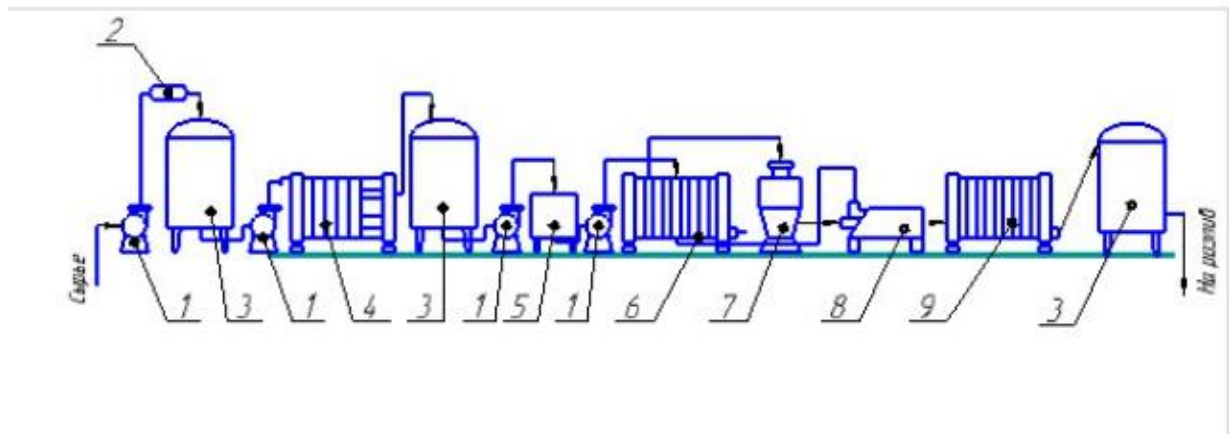


Рис.1.2.Машинно-апаратурна схема лінії виробництва ультрапастеризованого молока

1. Центробіжний насос — використовується для перекачування молока між ємностями.
2. Прилад обліку для визначення об'єму і втрат молока — пристрій для обліку об'єму і контролю втрат молока.
3. Ємність з теплообмінником — резервуар з теплообмінником для нагрівання або охолодження молока.
4. Пластинчастий пастеризатор-охолоджувач — пластинчастий пастеризатор, який нагріває і охолоджує молоко.
5. Нормалізатор — пристрій для регулювання жирності молока.
6. Пластинчастий пастеризатор-охолоджувач — пластинчастий пастеризатор, який нагріває і охолоджує молоко.
7. Сепаратор-очисник — сепаратор для очищення молока.
8. Гомогенізатор — гомогенізатор для створення однорідної структури молока.
9. Сепаратор-нормалізатор — сепаратор, який також виконує функцію нормалізації жирності.

Висновки щодо аналізу технологічного процесу

Технологічний процес виробництва ультрапастеризованого молока є складним і високотехнологічним. Завдяки використанню сучасних методів автоматизації, підприємства можуть досягти стабільної якості продукції, знизити виробничі витрати та забезпечити тривалий термін зберігання

молока без втрати його поживних властивостей. Ультрапастеризоване молоко відповідає всім вимогам сучасного ринку: воно безпечне, зручне у використанні та зберіганні, а також зберігає високу поживну цінність [37].

1.2. Наукові основи управління виробництвом молочної продукції

Виробництво молочної продукції є стратегічно важливою галуззю агропромислового комплексу, яка забезпечує споживачів поживними продуктами та має велике значення для економіки багатьох країн. Управління процесами виробництва молока та молочних продуктів вимагає врахування специфічних аспектів, таких як швидкопсувність сировини, високі вимоги до якості, а також необхідність дотримання санітарно-гігієнічних стандартів [38].

Концепції наукового управління у молочній промисловості

Наукове управління виробництвом у молочній промисловості ґрунтується на впровадженні сучасних підходів, таких як процесний і системний підхід. Системний підхід передбачає розгляд всього виробничого процесу як єдиної взаємозалежної системи, де кожен етап впливає на загальний результат. Цей підхід дозволяє оптимізувати виробничі потоки, мінімізувати втрати і забезпечувати стабільну якість продукції [39].

Важливим аспектом є впровадження системи управління якістю, яка охоплює контроль на всіх етапах виробництва – від приймання молока до випуску готової продукції. Це включає використання таких технологічних рішень, як аналіз критичних контрольних точок (НАССР), що дозволяє виявляти і усувати потенційні ризики для безпеки продукції [40]. Завдяки цьому підприємства можуть забезпечити високу якість і безпеку молочної продукції, що є критично важливим для споживачів і регуляторів [41].

Планування та управління ресурсами

Ефективне планування є одним з найважливіших елементів управління виробництвом молочних продуктів. Планування передбачає врахування сезонних коливань у постачанні сировини, аналіз ринкових тенденцій і прогнозування попиту. Використання сучасних інформаційних технологій, таких як системи планування ресурсів підприємства (ERP), дозволяє автоматизувати процеси і зменшити витрати, пов'язані з управлінням запасами та логістикою [42].

Важливе значення має також управління матеріально-технічними ресурсами, зокрема, забезпечення своєчасного постачання якісного молока, ефективне використання обладнання та мінімізація відходів. Молочне виробництво є ресурсомістким процесом, тому важливо знижувати енергетичні та водні витрати за допомогою впровадження інноваційних

технологій. Наприклад, використання сучасних сепараторів і пастеризаторів дозволяє зменшити споживання енергії та води, що позитивно впливає на рентабельність підприємства [43].

Впровадження інновацій та технологічні рішення

Сучасні наукові дослідження пропонують впровадження інноваційних технологій, які сприяють підвищенню ефективності виробництва. Це включає автоматизацію виробничих ліній, використання сенсорних систем для моніторингу параметрів процесів і застосування робототехніки для пакування продукції. Автоматизація дозволяє зменшити ризики людських помилок і забезпечує стабільність якості [44].

Ще однією важливою інновацією є впровадження програмного забезпечення для управління ланцюгами постачання, що дозволяє підприємствам швидко реагувати на зміни попиту і забезпечувати своєчасне постачання продукції. Крім того, значна увага приділяється екологічним аспектам виробництва. Сталий розвиток у молочній промисловості означає використання екологічно чистих методів обробки відходів, зменшення викидів парникових газів і повторне використання ресурсів [45].

Управління якістю продукції

Контроль якості є невід'ємною частиною процесу управління виробництвом молочних продуктів. Сучасні підприємства використовують багаторівневі системи контролю, які включають лабораторний аналіз якості молока на вході, моніторинг температурних режимів під час пастеризації і перевірку готової продукції перед пакуванням. Впровадження стандартів, таких як ISO 22000, забезпечує міжнародне визнання якості продукції та сприяє виходу на нові ринки [46].

Отже, очевидно, що рівень автоматизації виробництва повинен бути як найвищим і відповідати наступним вимогам:

- інтенсифікація та автоматизація технологічних операцій;
- високий рівень автоматизації технологічного процесу, комп'ютеризація всіх його стадій;
- координація процесів виконання технологічних операцій з операціями транспортування, складування та управління.

Одним з прикладів такого виробництва є лінія пастеризації молочних продуктів, повністю механізована та автоматизована. Її перевагами є

призначення для різних продуктів, таких як молоко для продажу, сирне молоко, йогуртове молоко, вершки, суміш для морозива та інші рідкі молочні продукти з низькою кислотністю. Основна увага приділяється безпеці продукту, економії продукту, низьким експлуатаційним витратам та економії навколишнього середовища, ви отримаєте довгострокову, перспективну експлуатацію [47].



Рис.1.3. Автоматизована ділянка пастеризації різних молочних продуктів від компанії GEA Group

На відміну від своїх конкурентів даний пастеризатор забезпечений багатьма функціями:

1. Система перенаправлення

Забезпечує правильну пастеризацію.

Температура продукту перевіряється як до, так і після витримки камери. Продукт може вийти з пастеризатора лише в тому випадку, якщо він був нагрітий до потрібної температури та витриманий протягом потрібного часу у камері витримки. Якщо це не так, то автоматично подається сигнал на відповідний клапан, і продукт повертається в балансувальний бак для рециркуляції [47].

2. Перепад тиску

Забезпечує безпечність харчових продуктів

Підвищувальні насоси створюють різницю тиску між пастеризованою та непастеризованою стороною установки. Для подальшого підвищення безпеки цю різницю можна контролювати за допомогою датчиків тиску. Якщо ці передавачі «помічають», що диференціал не підтримується, продукт автоматично повертається назад у балансовий бак для рециркуляції [47].

3. Автоматичний перехід у сплячий режим

Мінімізує споживання енергії

Під час циркуляції води потік у пастеризаторі можна зменшити, охолодження можна зупинити та більшість підключених субмодулів можна вимкнути. Цей так званий «сплячий режим» мінімізує кількість пари, енергії та води, що споживаються під час очікування, поки продукт потрапить у систему. Час наростання та згасання становить лише близько 2 хвилин, тому варто використовувати сплячий режим навіть під час коротких періодів циркуляції води [47].

4. Цільове виробництво

Економити час і зменшує ризик людської помилки

Ця функція дозволяє виробляти певну кількість молока та вершків – або встановлену як певну кількість літрів, або запрограмовану на продовження, доки резервуар FMT не заповниться (або вихідний резервуар не буде порожнім). При підключенні до сепаратора та стандартизаційної установки також можна визначити конкретний вміст жиру. Такі операції, як

CIP, циркуляція води та перемикання на новий рецепт, можна налаштувати заздалегідь, щоб вони виконувались автоматично без втручання людини [47].

5. Комплексний тест на герметичність

Підвищує безпечність харчових продуктів

До або після виробничих циклів інтегрована перевірка на витік дозволяє створити тиск у системі, щоб переконатися, що в пластинчастому теплообміннику чи нижче за потоком немає падіння тиску, що означає витік. Це важливо, оскільки витік може призвести до забруднення з пастеризованої сторони на непастеризовану під час виробництва [47].

6. Балансувальний бак з малими втратами

Мінімізує втрату продукту

Розумна конфігурація бака з балансом дозволяє видалити максимальну кількість води до того, як продукт потрапити в бак, таким чином зменшуючи змішування води та продукту. Цей метод зменшує кількість літрів у фазі змішування більш ніж на 50%, що призводить до значного зниження втрати продукту [47].

7. Безперервний контроль тиску

Підвищує безпечність харчових продуктів

Під час виробництва зазвичай існує різниця тиску між пастеризованою та непастеризованою сторонами, щоб мінімізувати ризик витоку та захистити продукт від забруднення. Однак під час вивантаження (із сепаратора) цей перепад тиску зазвичай зникає. У Tetra Pak® Pasteurizer D система контролю тиску подолає цю проблему. Він компенсує падіння тиску, що дозволяє уникнути ризику витоку та забруднення [47].

1.3 Постановка задачі дослідження

Автоматизація виробничих процесів відіграє ключову роль у розвитку сучасної харчової промисловості, зокрема в молочному секторі. Впровадження автоматизованих систем управління дозволяє не лише підвищити ефективність виробництва, але й значно покращити якість готової продукції та забезпечити її стабільність. Особливо важливо це для виробництва ультрапастеризованого молока, де точність контролю температурних та технологічних параметрів визначає термін зберігання та безпеку продукту.

Метою цієї магістерської роботи є вдосконалення існуючої автоматизованої системи управління виробництвом ультрапастеризованого молока з метою підвищення його якості та забезпечення ефективного функціонування підсистеми управління пастеризацією.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Провести системно-технічний аналіз технологічного комплексу виробництва ультрапастеризованого молока.
- Розробити автоматизовану підсистему управління пастеризацією для забезпечення точного контролю температурних і часових параметрів процесу.
- Впровадити інформаційні технології для моніторингу та оцінки якості готового продукту на етапах виробництва та зберігання.
- Оцінити ефективність роботи вдосконаленої системи управління на основі проведених експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНОСИСТЕМНІ РІШЕННЯ

2.1. Загальний опис об'єкту та системи

Під час розробки підсистеми управління технологічним процесом виробництва ультрапастеризованого молока враховано специфічні особливості технологічного комплексу, включаючи структурні, алгоритмічні та робочі характеристики, а також вимоги до якості роботи системи.

Основними вихідними даними для розробки були такі параметри: локальність системи, необхідна стабільність і однорідність обладнання, невелика інерційність технологічних процесів, частота можливих збурень і дистанційність передачі сигналів. З огляду на ці параметри, було визначено, що оптимальним рішенням є використання сучасних мікропроцесорних засобів автоматизації, таких як програмовані логічні контролери (ПЛК), сенсорні системи та SCADA-додатки для моніторингу та управління.

Обрані технічні засоби автоматизації дозволяють проводити точне вимірювання ключових параметрів технологічного процесу: температури пастеризації, часу термічного впливу, тиску у системі, рівня молока в резервуарах, кислотності та жирності продукту. Інформація обробляється у реальному часі та передається оператору у зручній формі для оперативного реагування.

Враховуючи сучасні вимоги до ефективності та економічності виробничих процесів, у системі впроваджено датчики температури з високою точністю (типу Pt100), ультразвукові рівнеміри для моніторингу об'єму молока у резервуарах, а також електромагнітні витратоміри для контролю витрат рідини. Програмовані логічні контролери відповідають за управління насосами, клапанами та нагрівальними елементами, що дозволяє досягти оптимальної продуктивності з мінімальними втратами енергії [48],[49].

SCADA-система забезпечує візуалізацію всіх етапів виробництва та створює архіви для аналізу. З її допомогою оператор може відстежувати температуру пастеризації, час тримання, кількість поданого молока та готової продукції. У разі виявлення відхилень від заданих параметрів система автоматично генерує тривожні сигнали, що мінімізує ризик зупинок виробництва чи браку [50],[51].

Загалом, автоматизована система управління для виробництва ультрапастеризованого молока базується на таких ключових компонентах:

- програмований логічний контролер для управління технологічними процесами;
- датчики температури, рівня та витрати для забезпечення точності контролю;
- SCADA-система для моніторингу, управління та архівування даних;
- системи аварійної сигналізації для попередження небажаних ситуацій[52],[53].

Завдяки впровадженню зазначених технічних засобів автоматизації вдалося досягти стабільності технологічного процесу, високої якості готової продукції та мінімізації витрат на енергоресурси [54].

Швидкість обертання мішалки у резервуарах для зберігання та перемішування молока відіграє важливу роль у забезпеченні однорідності молочного продукту. Ефективне управління насосами також є ключовим для підтримання стабільного процесу виробництва. У підсистемі автоматизації передбачено ряд контурів, що забезпечують контроль та регулювання основних технологічних параметрів.

Контроль вмісту жиру в молоці після сепарування здійснюється за допомогою фотометра для визначення жирності молока, наприклад, моделі типу NBP007 фірми Kemtrak. Цей контур включає індикацію (I), реєстрацію (R) і сигналізацію (A) для оперативного контролю технологічного параметра.

Температуру в трубопроводі, який подає молоко для подальшого процесу, вимірює мікропроцесорний датчик, що має вбудований чутливий елемент — Siemens Sitrans TF2, що містить платиновий термометр опору Pt 100. Вихідний сигнал з вторинного перетворювача 4-20мА (позиція 4д). передається на програмований логічний контролер (ПЛК), де забезпечується індикація, реєстрація та сигналізація даного параметра.

Регулювання температури в резервуарах для зберігання молока або його пастеризації здійснюється аналогічним датчиком, підключеним до ПЛК . Контролер формує сигнал, який через електропневмоперетворювач ЕПП-3211 (позиція ...), виконавчий механізм регулює клапани СЕМЕ 8615 (позиція 1б)для подачі молока або нагрівальної води.

Контроль вологості готового продукту після термічної обробки або сушіння реалізовано через датчики вологості (позиція 4г) в комплектації з перетворювачем типу 907023/335 (позиція 4д), які передають сигнал до

системи SCADA. У ній оператор може відслідковувати параметри та оперативно реагувати на можливі відхилення. У разі відхилень від заданих значень, коригує дозування фотометр (позиція 2в) вершків чи знежиреного молока або інших компонентів через виконавчі механізми CEME 8615 (позиція 2г,2д).

Електродвигун сепаратора, встановлений у резервуарі для витримання жирності молочного згустку, запускається через частотний перетворювач моделі ATV320D15N4В від компанії Schneider Electric (позиція 1г).

Електродвигун насоса активується за допомогою частотного перетворювача і трипозиційного перемикача який дозволяє перемикати роботу двигуна між ручним і автоматичним режимами. Для ручного управління передбачено кнопки запуску (SB1) і зупинки (SB2).

Усі двигуни є трифазними і розташовані безпосередньо біля об'єктів, з якими вони працюють. Проте для зручності передбачена можливість дистанційного вимкнення двигунів через мнемосхему, що відображається на дисплеї.

- Автоматизація дозволяє забезпечити безперервний моніторинг та управління всіма критично важливими параметрами, зокрема температурою, кислотністю, жирністю та вологістю продукту. Це сприяє стабільному функціонуванню всього технологічного процесу, знижує ризик помилок та покращує якість ультрапастеризованого молока. Приклад наведений в табл.1.

Таблиця 1 функціональна таблиця технологічного процесу

п/п	Номер позиції за схемою	Найменування та технічна характеристика приладу	Тип, марка	к-ть	Завод-виготовлювач
	2	3	4	5	6
	1в	Фотометр для вимірювання жирності в молочній продукції. Концентрація жирності від 0,001 % до 100%. Вих. сигнал 4-20мА. Напруга живлення 115/230 VАС	NBP007	1	Kemtrak
	3б,4в	Вимірювальний мікропроцесорний перетворювач температури з вбудованим платиновим термометром опору Pt100 в захисній трубці із нержавіючої сталі. Вих. сигнал 4-20 мА. Вимірювальний діапазон температур -50+200 °С.	Sitrans TF2	3	Siemens
	1в,1г2е,3в,4д	Перетворювач частоти Аналоговий вхід (0-10В, 0-20mA, 4-20mA). Напруга жив-ня: 180...380 VАС. Діапазон вихідної частоти 0...240 Гц. Робоча температура: 0..55 ° С;	ATV320 D15N4B	1	Schneider Eelectric
	4г	Комплект для вимір-ня вологості, діапазон вимірювання 0-100 %, вихідний сигнал 0-20 мА, 0-5 мА, 4-20 мА.	907023/3 35		JUMO
	1б,1д,2г,2д,2е,3а,4а,4б,4е,4ж	Електромагнітний клапан 2-х ходовий, напруга живлення 24 В. Діаметр умовного проходу: 50 мм.	CEME 8615	4	CEME Італія
	1д,2а	Витратомір	PEM-1000	2	

2.2. Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання

Аналіз виробництва ультрапастеризованого молока та вивчення подібних процесів у літературі дозволяють розробити модель обладнання (Equipment) для вибраного підприємства, що відповідає його функціональним вимогам. Ця модель забезпечить єдину структуру управління процесами виробництва та дозволить інтегрувати сучасні автоматизовані рішення. Розробка моделі проводиться згідно зі стандартами ISA-95, ISA-88 та їх аналогами IEC, які є загальновизнаними в галузі автоматизації виробництва [55],[56].

Рівні моделі обладнання згідно зі стандартом ISA-95

1. Підприємство (Enterprise) – представляє собою виробничий комплекс, який випускає певну номенклатуру продукції. Для нашого випадку це молокозавод, що спеціалізується на виготовленні ультрапастеризованого молока різної жирності.

2. Виробнича площадка (Site) – об'єднує об'єкти, які забезпечують виготовлення продукції згідно з планом. У нашому випадку це виробничий майданчик з обладнанням для прийому молока, пастеризації, фасування та зберігання готової продукції.

3. Виробнича ділянка (Area) – включає групу об'єктів, що відповідають за конкретні виробничі операції. Для виробництва ультрапастеризованого молока це може бути ділянка прийому сировини, пастеризаційне відділення або фасувальна лінія.

4. Робочий центр (Work Center) – це технологічна одиниця, яка включає обладнання для безперервних або дискретних процесів. Наприклад:

- Лінія пастеризації молока, де забезпечується стабільний температурний режим.
- Фасувальний модуль, який відповідає за запечатування продукції в асептичну упаковку [57],[58].

А) У представленій моделі технологічної комірки описується в ISA-88, для пастеризації молока технологічною коміркою являється пастеризаційний цех, та його підсистеми;

про стан датчиків положення а про узагальнений стан виконавчого механізму.

Модуль технологічного устаткування (Equipment Module) – виконує певну дію в технологічному процесі, наприклад перекачку продукту (насосні агрегати), чи нагрівання (теплообмінники) і т.п. Вони включають в себе різне технологічне устаткування та модулі керування. При інтегруванні з верхнім рівнем так само може передаватися інформація про стан.

Робочий вузол (Work Unit) – робить певну одну або кілька виробничий операцій. Для порційного виробництва (Технологічний вузол, Unit) це може бути пастеризатор, або ємність в якій виробляється певна порція продукту. Для неперервного це може бути певний апарат неперервного типу, для дискретного – якась машина (наприклад фасувальна). На верхній рівень може передаватися стан устаткування, кількість виготовленої продукції та інші узагальнені показники та статистичні дані. З верхнього рівня можуть передаватися команди на запуск (зупинку, паузу і т.п), задана кількість, потрібна операція, рецепт і т.п.

Робочий центр (Work Center) – це набір устаткування, що робить певний напівпродукт. Як і в попередньому випадку, може відбуватися обмін станами, командами і параметрами.

Як правило, рівень АСКТП не виходить за межі робочого центру, а часто і за рамки робочого вузлу. Тому устаткування на вищих рівнях не стосується SCADA.

2.3. Функціональна структура системи

3-й рівень – Управління виробництвом

- **ПК УМП (АРМ диспетчера):**

Відповідає за координацію та загальний моніторинг усіх процесів виробництва. Диспетчер має доступ до поточних даних процесів, параметрів обладнання, архівів і звітності.

Основні функції:

- Моніторинг усіх параметрів (наприклад, температури пастеризації, рівня молока у резервуарах охолодження).
- Передача команд на 2-й рівень (ПК операторів) через ТС ОБ.
- Формування архівів даних для аналізу роботи виробництва.

- **ТС ОБ (Сервер архівування та обробки):**

Відповідає за збереження й обробку великих обсягів інформації, отриманої з польових контролерів. Виконує резервне збереження історії роботи всіх технологічних систем.

2-й рівень – SCADA/HMI

- **ПК ПАСТ (АРМ оператора пастеризації молока):**

Призначений для управління процесом пастеризації. Забезпечує:

- Візуалізацію параметрів пастеризації (температура, тиск, продуктивність).
- Формування завдань для ПЛК ПАСТ на 1-му рівні.
- Контроль аварійних сигналів і режимів роботи.

- **ПК ОХЛ (АРМ оператора охолодження молока):**

Виконує аналогічні функції для систем охолодження молока:

- Управління температурними режимами резервуара охолодження.
- Моніторинг поточного стану обладнання для охолодження.
- Реалізація завдань з охолодження молока відповідно до запитів.

1-й рівень – Контролери

- **ПЛК ПАСТ:**

Автоматизований контролер для управління пастеризацією. Підключений до

польових датчиків і виконавчих механізмів.

Завдання:

- Регулювання температури пастеризації.
- Включення і виключення насосів.
- Моніторинг стану пастеризатора через С1.2, S1.1.
- Надання даних на ПК ПАСТ.
- **ПЛК ОХЛ:**

Контролер для управління резервуаром охолодження. Забезпечує:

- Контроль температури через Y1.0 (виконавчі механізми).
- Моніторинг рівня рідини.
- Регулювання роботи компресорів і клапанів у охолоджувальній

системі.

0-й рівень – Польові засоби автоматизації

- **Польові ТЗА (E1.0, V1.0, Y1.0):**

Основні вимірювальні та виконавчі пристрої, що забезпечують безпосередню взаємодію з обладнанням.

Функції:

- **E1.0, E5.0:** Сенсори для вимірювання (температури, рівня, тиску).
- **Y1.0, V1.0:** Виконавчі механізми (клапани, електроприводи, компресори) для реалізації завдань із пастеризації та охолодження. Приклад наведений в табл.2.

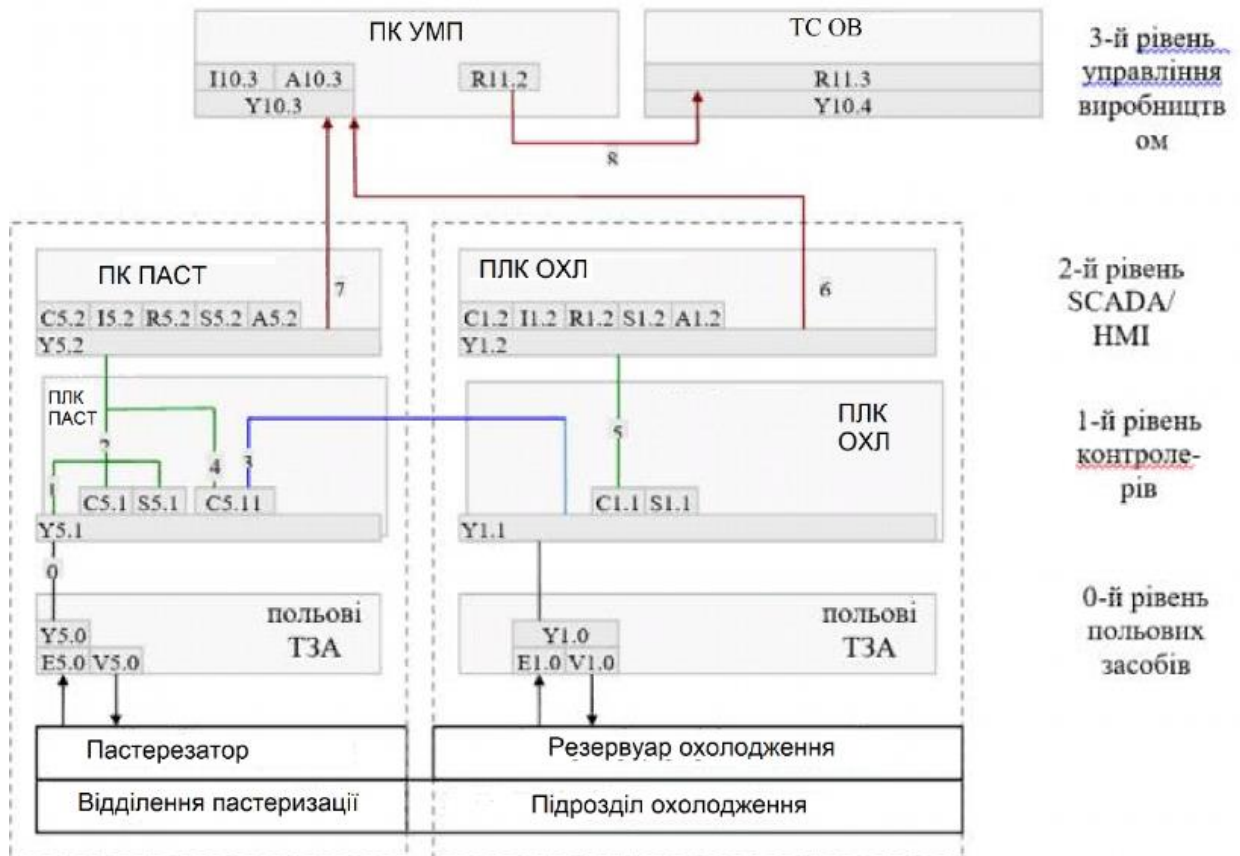


Рис.2.2. Фрагмент функціональної структури інтегрованої АСУ пастеризації молока

Додаткові пояснення ліній з'єднання

- Червоні лінії (інформаційний зв'язок):
 - Передають дані від ТС ОВ до ПК УМП та ПК операторів (ПАСТ і ОХЛ).
 - Наприклад, команда з ПК УМП на ПК ПАСТ для запуску пастеризації.
- Зелені лінії (локальні сигнали управління):
 - Між 1-м рівнем (ПЛК) і 0-м рівнем (ТЗА) для передачі команд управління.
 - Наприклад, сигнал з ПЛК ПАСТ до Y5.0 для включення нагрівального елемента.
- Сині лінії (інтеграція процесів):

- Використовуються для синхронізації між ПЛК ПАСТ і ПЛК ОХЛ.

- Наприклад, передача даних про об'єм пастеризованого молока для охолодження.

Таблиця 2 - умовних позначень до схеми функціональної структури

Позначення	Найменування
ТЗА	Технічні засоби автоматизації, які відносяться до польового рівня
ПЛК ПАСТ	Мікропроцесорний контролер для управління пастеризацією молока
ПЛК ОХЛ	Мікропроцесорний контролер для управління процесом охолодження молока
ПК ПАСТ	АРМ оператора контролю процесу пастеризації молока (на базі комп'ютера)
ПК ОХЛ	АРМ оператора контролю процесу охолодження молока (на базі комп'ютера)
E1.0, E5.0	Вимірювальні перетворення
V1.0, V5.0	Управління технологічним обладнанням та виконавчими механізмами
Y	Перетворення та обробка інформації
C1.1, C5.1	Автоматизоване регулювання, управління технологічним процесом
C5.11	Автоматизоване управління відкачкою води на виробництво
C1.2, C5.2	Дистанційне управління, формування завдання, настройка регуляторів
S1.1, S5.1	Автоматизоване включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач
S1.2, S5.2	Дистанційне включення, відключення, переключення, блокування, запуск задач, зміна режимів роботи регуляторів
I1.2, I5.2	Відображення для контролю за технологічним процесом
I10.3	Відображення для диспетчерського контролю за виробничим процесом
I10.11	Відображення архівних даних по всьому виробництву
R1.2, R5.2	Реєстрація параметрів технологічного процесу
R11.2, R11.3	Реєстрація основних виробничих параметрів
A1.2, A5.2	Контроль стану обладнання, технологічна сигналізація

2.3. Опис інформаційного забезпечення АСУТП виробництва та основного відділення

У даному розділі зображена структурна організація автоматизованої системи управління технологічними процесами пастеризації та охолодження молока. Система складається з кількох рівнів управління:

1. Верхній рівень управління:

- ПК УМП (Управління виробництвом): Виконує функції загального моніторингу та управління виробничими процесами. Дані передаються через Ethernet.
- ПК ДКС (Диспетчерсько-координаційна станція): Призначений для диспетчеризації змін. Виконує функції офісного моніторингу, координації операторів.

2. Середній рівень SCADA/HMI:

- ПК ПАСТ та ПК ОХЛ:
 - ПК ПАСТ — автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора пастеризації молока.
 - ПК ОХЛ — АРМ оператора охолодження молока. Обидва ПК забезпечують взаємодію оператора з системою, візуалізацію процесів та налаштування параметрів.

3. Контролери:

- ПЛК ПАСТ (M580): Мікропроцесорний контролер, відповідальний за управління процесом пастеризації молока. Дані передаються через протокол Modbus TCP. Він взаємодіє з виконавчими пристроями (клапанами, насосами) через модулі вводу-виводу.
- ПЛК ОХЛ (BME P58 2040): Контролер для управління процесом охолодження молока. Взаємодіє з пристроями охолодження через мережу Modbus TCP.

4. Польові пристрої:

- PDS1 (Частотний перетворювач): Частотник моделі ATV630D15N4C, відповідальний за управління швидкістю двигунів насосів або компресорів у процесах охолодження.
- TL1 та TL2: Виконавчі пристрої або клапани, підключені до контролерів.
- R11 та R12: Датчики або виконавчі пристрої, які забезпечують зворотний зв'язок для контролерів.

5. Мережеве з'єднання:

- Для передачі даних між елементами системи використовується мережа Ethernet з протоколом Modbus TCP. Центральним вузлом є Ethernet Switch, який об'єднує всі елементи в єдину мережу.

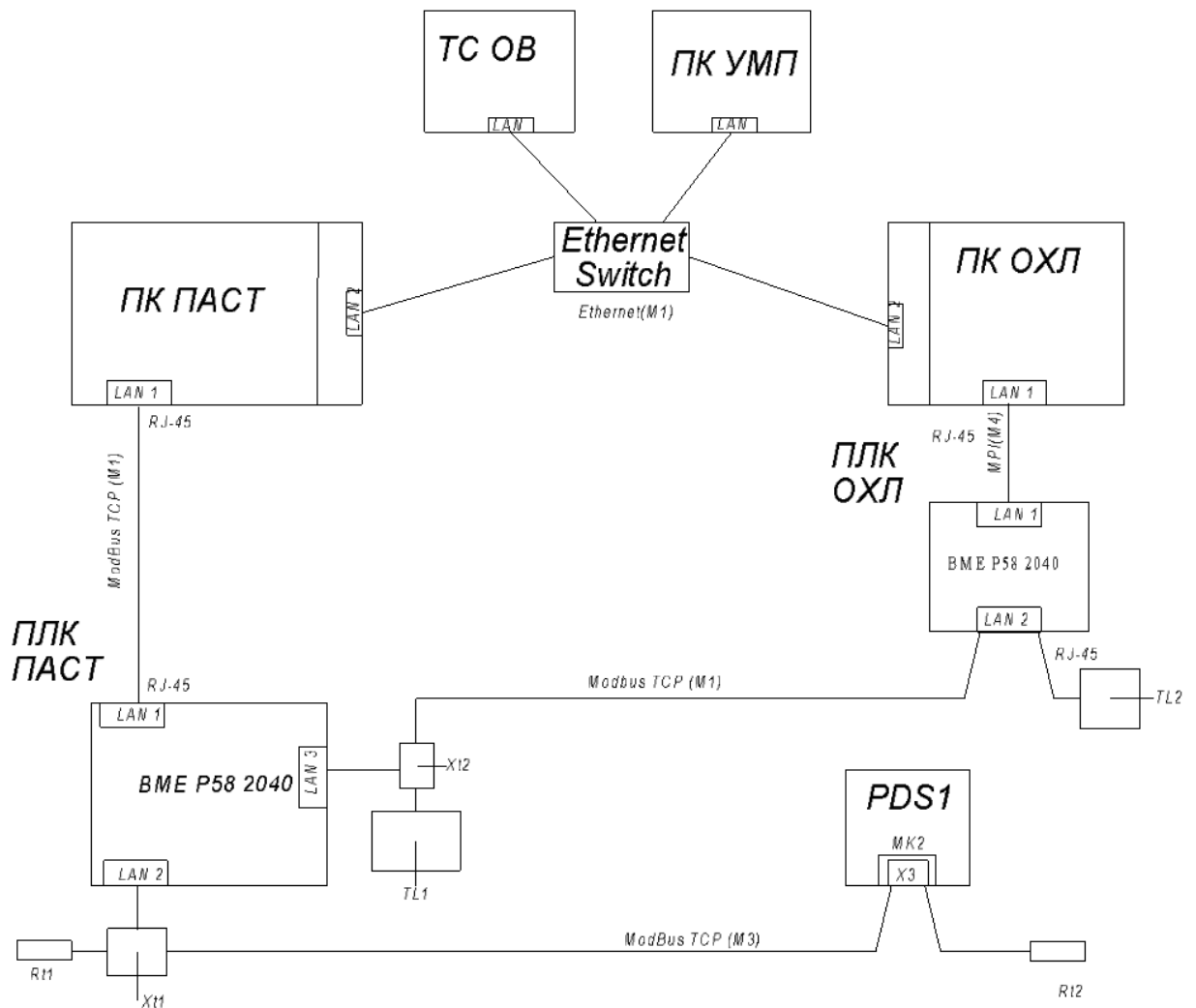


Рис.2.3 Фрагмент структурної схеми КТС АСУТП виробництва

Таблиця компонентів:

Описані компоненти узагальнені в таблиці, яка надає інформацію про їхню кількість, найменування та примітки.

Таблиця 3 Відомість мережних технічних засобів

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
ПЛК ПАСТ	Мікропроцесорний контролер для управління пастеризацією молока	1	M580
ПЛК ОХЛ	Мікропроцесорний контролер для управління процесом охолодження молока	1	BME P58 2040
ПК ПАСТ	АРМ оператора контролю процесу пастеризації молока (на базі комп'ютера)	1	Офісного виконання
ПК ОХЛ	АРМ оператора контролю процесу охолодження молока (на базі комп'ютера)	1	Офісного виконання
ПК ДКС	диспетчерсько-координуюча станція – АРМ начальника зміни на базі комп'ютера	1	Офісного виконання
PDS1	Частотний перетворювач	1	ATV630D15N4C
ТС ОВ	технологічний сервер - сервер архівів основних виробничих параметрів	13	Офісного виконання
ПК УМП	управління виробництвом	1	Офісного виконання

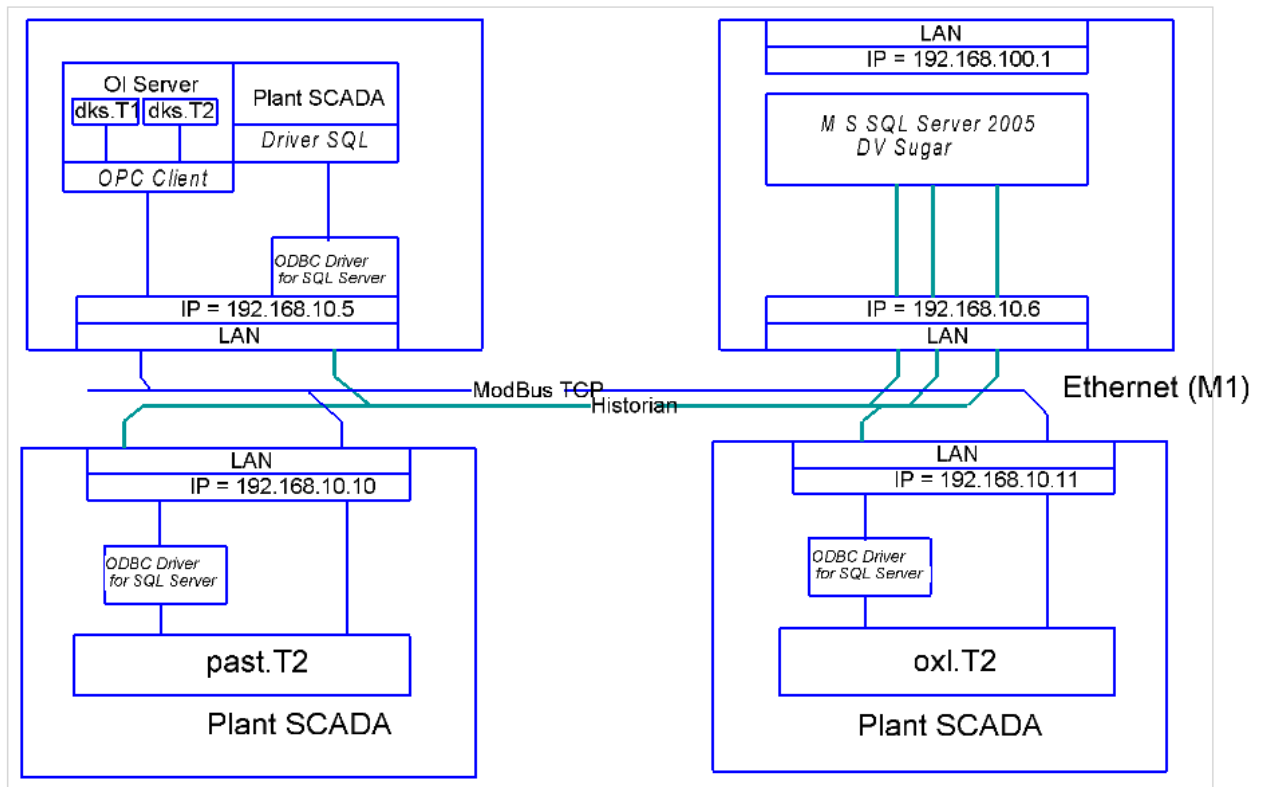


Рис.2.4 Фрагмент структурної схеми КТС АСУТП виробництва

Схема відображає архітектуру автоматизованої системи управління (АСУ), що забезпечує взаємодію між різними елементами виробничого процесу через локальну мережу (LAN) та протоколи передачі даних. Усі компоненти підключені до спільної мережі через Ethernet (M1) і використовують різні протоколи та драйвери для обміну даними. Основними елементами схеми є сервери, клієнтські системи, SCADA-системи та історичні бази даних.

Основні компоненти:

1. OI Server (192.168.10.5)

- **Функція:** Сервер операторського інтерфейсу (Operator Interface), що забезпечує управління і моніторинг технологічного процесу.
- **Модулі:**
 - **dks.T1, dks.T2:** Технологічні вузли, що контролюються сервером.

- **OPC Client:** Використовується для збору даних з обладнання через протокол OPC (OLE for Process Control).

- **ODBC Driver for SQL Server:** Драйвер для підключення до баз даних SQL Server.

- **Підключення:** Сервер інтегрується з Plant SCADA через локальну мережу (LAN) для передачі даних і взаємодії.

2. Plant SCADA (192.168.10.5, 192.168.10.10, 192.168.10.11)

- **Функція:** SCADA-системи, які забезпечують контроль і управління технологічним обладнанням на заводі.

- **Модулі:**

- **Driver SQL:** Використовується для з'єднання SCADA із базами даних і збереження історичних даних.

- **ODBC Driver for SQL Server:** Драйвер для обробки запитів до SQL-баз.

- **Локації:**

- **past.T2 (192.168.10.10):** Сегмент SCADA, відповідальний за контроль процесів пастеризації.

- **oxl.T2 (192.168.10.11):** Сегмент SCADA, відповідальний за інші процеси виробництва.

3. MS SQL Server (192.168.10.6)

- **Функція:** Центральний сервер для збереження історичних даних.

- **Модулі:**

- **M S SQL Server 2005 DV Sugar:** База даних для збору, аналізу і збереження даних з технологічного процесу.

- **Підключення:** Підключений до SCADA-систем і інших серверів через LAN для обміну даними.

- **Логістика та комунікації:**

- **Протокол ModBus TCP:** Використовується для передачі даних між серверами та SCADA-системами.

- **Ethernet (M1):** Основна фізична інфраструктура для забезпечення обміну даними між усіма вузлами системи.
- **LAN (локальні мережі):** Зони взаємодії між компонентами в межах кожного серверного вузла.

Потоки даних:

1. Дані з технологічного обладнання надходять до OI Server через OPC Client.
2. Сервери SCADA (past.T2 і oхl.T2) обробляють ці дані для управління процесами.
3. Історичні дані передаються до MS SQL Server для збереження і подальшого аналізу.
4. Локальна мережа і протокол ModBus TCP забезпечують синхронізацію всіх компонентів у реальному часі.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

3.1. Загальний опис автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня

Пастеризаторна установка призначена для вироблення пастеризованого а також ультрапастеризованого молока різної жирності.

Об'єктом управління є пастеризатор, що складається з:

- приймального баку;
- фільтра для очистки молока;
- сепаратора -гомогенізатора;
- змішувача компонентів;
- бойлера для нагріву води;
- теплообмінника;
- Вакуум-випаровувача;

Показником ефективності є якість та кількість виробленого молока, що пастерезується установкою.

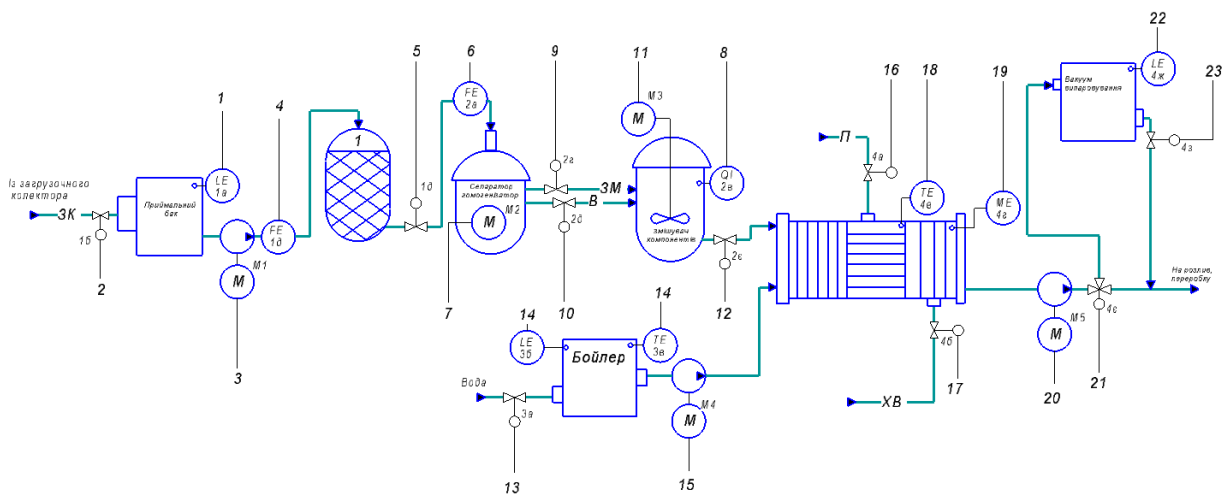


Рис. 3.1 Загальна структура лінії пастеризаторної лінії

Позначення функцій:

I – відображення, вказана періодичність оновлення; С – автоматизоване регулювання, вказана допустима статична похибка; А – сигналізація, вказані умови спрацювання; R – архівування, вказана періодичність запису та глибина архіву.

На функціональній схемі автоматизації процесу виробництва пари для технологічних потреб відбувається:

- регулювання подачі молока;
- регулювання подачі вершків та знежиреного молока;
- регулювання рівня у випарній установці та вологості молока;
- регулювання гарячої води і температуру;

Регулювання подачі неочищеного молока здійснюється: датчиком рівня типу електродний (позиція 1а) через ПЛК регулюючий сигнал поступає на ВМ СЕМЕ 8615 (позиція 1б) який приводить в дію РО з допомогою якого регулюється молоко у ємність.

Регулювання подачі вершків та знежиреного молока виконується: фотометром NBP007 (позиція 2в) сигнал якого поступає на ПЛК і вираховується по формулі і регулюючий сигнал подається на ВМ СЕМЕ 8615 (позиція 2г,2д) який приводить в дію РО з допомогою якого регулюється подача сировини у сепаратор.

Регулювання рівня у випарній установці здійснюється: вимірюванням вологості датчиком AM2305B (позиція 4г), через ПЛК регулюючий сигнал поступає на ВМ ATV630D15N4B (позиція 4е) який приводить в дію насос що подає на трох-ходовий клапан з допомогою якого регулюється подача пастеризованого молока у випаровувач для зниження вологості.

Регулювання гарячої води і температуру здійснюється: вимірюванням рівня електродним рівнеміром (позиція 3б) через ПЛК регулюючий сигнал поступає на ВМ СЕМЕ 8615 (позиція 3а) який приводить в дію РО з допомогою якого регулюється подача води. Коли рівень достатній вмикається тени і нагрівається вода, температура регулюється датчиком температури Sitrans TF2 (позиція 3в).

Витрату молока вимірюються за допомогою витратоміра PEM-1000 (позиція 1д, 2а).

Температуру ультрапастеризованого молока контролюють за допомогою датчика температури Sitrans TF2 (позиція 4г).

Керування насосами (позиція M2,M3) та моторами (позиція M1,M4,M5) здійснюється за допомогою частотних перетворювачів ATV630D15N4B (позиція 1в,1г,2е,3г,4д), які отримують сигнали від ПЛК.

3.2 Схема автоматизації та специфікація

Схема представляє процес виробництва молочної продукції та демонструє основні етапи технологічного циклу — від приймання сировини до відвантаження готової продукції. Умовно, схема розділена на кілька зон (AREA), кожна з яких має своє функціональне призначення

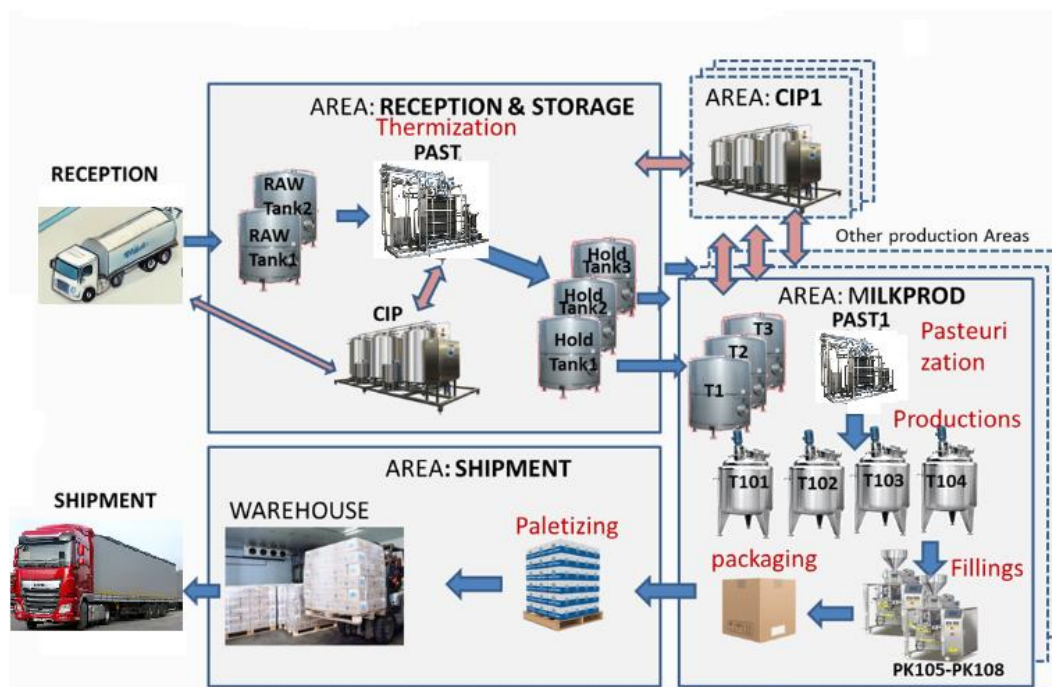


Рис. 3.2 Загальна структура лінії матеріальних потоків на заводі

1. AREA: RECEPTION & STORAGE (Приймання та зберігання)

- RAW Tank1, RAW Tank2 — резервуари для приймання сирого молока, що надходить із зовнішніх джерел.

- Thermization (PAST) — етап термізації, на якому молоко нагрівається для знищення патогенних мікроорганізмів, але зберігає корисні властивості.

- Hold Tanks (Hold Tank1, Hold Tank2) — резервуари для тимчасового зберігання молока після термізації.

Потоки в цій зоні:

- Приймання молока у сирих резервуарах (RAW Tanks).
- Переміщення молока в пастеризаційний блок (Thermization).
- Зберігання молока у резервуарах для подальшого використання.

2. AREA: CIP1 (Система очищення — Clean-in-Place)

- CIP Tanks — резервуари для автоматичної мийки обладнання. Ця зона інтегрується з іншими виробничими зонами для забезпечення гігієни.

Потоки: повернення та циркуляція очищувальних розчинів.

3. AREA: MILKPROD (Виробництво молочної продукції)

- PAST1 (Пастеризація) — пастеризатор, у якому молоко проходить обробку при підвищеній температурі, щоб забезпечити його безпечність.

- Tanks T1, T2, T3 — резервуари для пастеризованого молока, що зберігають продукт до наступних етапів.

- Production tanks T101–T104 — виробничі ємності, у яких молоко обробляється для отримання готової продукції.

- Fillings (PK105-PK108) — автоматичні лінії фасування продукції.

Потоки:

- Переміщення пастеризованого молока до виробничих ємностей.
- Обробка продукту в ємностях.
- Перехід на лінії фасування.

4. AREA: SHIPMENT (Відвантаження)

- Warehouse — склад готової продукції.

- Palletizing — зона автоматичного пакування та палетування для зручності транспортування.
- Shipment — вантажні машини для відправлення продукції споживачам.

Потоки:

- Готова продукція зі зберігання переходить на пакувальні лінії.
- Завершальний етап — завантаження у транспорт.

Логістичні зв'язки:

- Кожна зона пов'язана стрілками, що вказують на напрямок матеріальних потоків. Сині стрілки — рух молока, червоні — мийні або очищувальні процеси, чорні — логістика між зонами.

3.3 Схема компонування та специфікація ПЛК, опис програми управління

В якості основного ПЛК який виконує основні функції управління котлоагрегатом було обрано ПЛК марки Modicon m340.

VMX R34 2010 - Процесорний модуль для Modicon M340

VMX R34 2010 — це центральний процесорний модуль (ЦПУ) серії Modicon M340 від Schneider Electric, призначений для виконання функцій управління, обробки даних та координації роботи всіх модулів у складі ПЛК.

Основні характеристики

- Тип пристрою: Центральний процесорний модуль (CPU).
- Призначення: Управління системами автоматизації, збору даних та виконання алгоритмів керування.
- Оперативна пам'ять: 4 МБ для програм і даних.
- Комунікації:
 - Ethernet-порт (RJ45): Для підключення до мережі та обміну даними.
 - USB-порт: Для налаштування, діагностики та програмування.

- Продуктивність: Підтримка обробки до 70 000 логічних інструкцій за мілісекунду.
- Підключення модулів: Підтримує до 11 модулів вводу/виводу на одну стійку.

Особливості

1. Управління програмами:

- Підтримує мову програмування IEC 61131-3 (FBD, LD, ST, SFC, IL), що забезпечує зручність розробки логіки управління.
- Програми та дані зберігаються у вбудованій пам'яті, що захищає їх від втрати при відключенні живлення.

2. Інтегровані комунікації:

- Ethernet-порт дозволяє організувати швидкісний обмін даними між пристроями, інтеграцію в SCADA-системи або об'єднання кількох контролерів у єдину мережу.
- USB-порт спрощує підключення до ПК для завантаження програм або оновлення прошивки.

3. Діагностика:

- Вбудовані засоби діагностики для моніторингу стану системи та виявлення помилок.
- Підтримує функції журналювання подій.

4. Гнучкість і масштабованість:

- Можливість розширення системи за допомогою додаткових модулів вводу/виводу, аналогових чи дискретних.

5. Надійність:

- Призначений для роботи в промислових умовах з температурним діапазоном від -25°C до +70°C.

BMX NOM 0200 – Комунікаційний модуль для Modicon M340

BMX NOM 0200 — це модуль зв'язку серії Modicon M340 від Schneider Electric, призначений для організації комунікацій між контролером і зовнішніми пристроями за допомогою стандартних промислових протоколів.

Він дозволяє підключати системи автоматизації до різних пристроїв, підтримуючи як локальну, так і віддалену інтеграцію.

Основні характеристики

- Назва модуля: BMX NOM 0200
- Тип: Модуль комунікації для роботи з протоколами Modbus.
- Підтримка протоколів:
 - Modbus RTU (RS232/RS485) для послідовного обміну даними.
 - Modbus ASCII для інтеграції з обладнанням, що підтримує цей формат.
- Інтерфейси зв'язку:
 - Один порт RS232.
 - Один порт RS485.
- Швидкість передачі даних: До 115,2 кбіт/с.

Особливості

1. Модульна конструкція:
 - BMX NOM 0200 легко інтегрується в конфігурацію Modicon M340, що дозволяє розширити можливості контролера.
2. Гнучкість підключення:
 - Підтримує зв'язок із пристроями, такими як датчики, приводи, лічильники, термодатчики та інші пристрої з інтерфейсами RS232/RS485.
3. Підтримка багатозадачності:
 - Модуль може одночасно обробляти кілька запитів, що дозволяє взаємодіяти з різними пристроями без затримок.
4. Налаштування через програмне забезпечення:
 - Просте налаштування параметрів зв'язку (швидкість, протокол, адресація) через EcoStruxure Control Expert (Unity Pro).
5. Діагностика:

- Підтримує функції виявлення та сигналізації несправностей у зв'язку, що полегшує обслуговування системи.

BMX AMI 0810 – Аналоговий модуль вводу для Modicon M340

BMX AMI 0810 — це модуль аналогового вводу серії Modicon M340 від Schneider Electric, який забезпечує зчитування сигналів від аналогових датчиків для обробки в ПЛК. Він підтримує роботу з різними типами сигналів, що дозволяє використовувати його в багатьох галузях автоматизації.

Основні характеристики

- Назва модуля: BMX AMI 0810
- Тип сигналу: Аналоговий ввід.
- Кількість каналів: 8 аналогових каналів.
- Типи сигналів:
 - Напруга: ± 10 В, 0–10 В, 0–5 В.
 - Струм: 0–20 мА, 4–20 мА.
 - Термопари: підтримка температурних датчиків (опціонально).
- Роздільна здатність: 15 біт.
- Швидкість вибірки: До 30 мс на канал.

Особливості

1. Гнучкість конфігурації:
 - Модуль підтримує широкий спектр аналогових сигналів, що дозволяє підключати різні типи датчиків (температури, тиску, рівня тощо).
2. Висока точність:
 - Роздільна здатність 15 біт забезпечує точне зчитування даних від датчиків, що важливо для складних технологічних процесів.
3. Діагностика:
 - Виявлення помилок у сигналі, таких як обрив ланцюга, перенавантаження чи неправильне підключення.
4. Ізоляція каналів:

- Захист між аналоговими входами та внутрішньою шиною ПЛК для уникнення взаємного впливу сигналів.
5. Налаштування через програмне забезпечення:
- Легке конфігурування параметрів кожного каналу через EcoStructure Control Expert (Unity Pro).
6. Модульна інтеграція:
- Легко встановлюється у стійку Modicon M340 як частина модульної системи автоматизації.

BMX DDO 1612 – Модуль цифрового виводу для Modicon M340

BMX DDO 1612 — це модуль цифрового (дискретного) виводу серії Modicon M340 від Schneider Electric, призначений для передачі сигналів на зовнішні пристрої, такі як реле, виконавчі механізми, клапани чи світлодіоди. Він забезпечує надійне управління дискретними пристроями в системах автоматизації.

Основні характеристики

- Назва модуля: BMX DDO 1612
- Тип сигналу: Цифровий вихід.
- Кількість каналів: 16 дискретних виходів.
- Тип виходів: Транзисторні (PNP).
- Напруга виходу: 24 В постійного струму (DC).
- Максимальний струм: 0,5 А на канал.

Особливості

1. Надійне управління:
 - Призначений для управління широким спектром дискретних пристроїв, забезпечуючи стабільну роботу навіть у промислових умовах.
2. Швидкодія:
 - Висока швидкість перемикання вихідних сигналів дозволяє використовувати модуль для управління швидкодіючими механізмами.

3. Захист каналів:

- Модуль обладнаний захистом від короткого замикання, перенавантаження і перегріву, що гарантує довговічність і безпечну експлуатацію.

4. Індивідуальна індикація:

- Світлодіоди на передній панелі модуля відображають стан кожного вихідного каналу, полегшуючи діагностику.

5. Модульна інтеграція:

- BMX DDO 1612 легко інтегрується у конфігурацію Modicon M340, забезпечуючи масштабованість системи.

6. Програмна підтримка:

- Налаштування та діагностика виконуються через EcoStruxure Control Expert (Unity Pro).

- 522-1BL10-0AA0 - SIMATIC S7-1500, модуль дискретних виходів DQ 32 X 24VDC/0.5A, 32 канали в групах по 8, 4 а на групу, в комплекті фронтальний з'єднувач з технікою підключення push-in.

Для енергоцентру був обраний ПЛК SIMATIC S7-1200.

- 6ES7215-1BG40-0XB0 - SIMATIC S7-1200, компактний сру 1215C, AC/DC/RELAY, 2 порти profinet, вбудовані входи/виходи: 14 DI =24 В, 10 DO реле 2 А, 2 AI =0-10 В, 2 АО 0-20 мА, напруга живлення: ~85 - 264 в при 47 - 63 гц, пам'ять програми/даних: 100 КБ.

- 6ES7231-4HD32-0XB0 - SIMATIC S7-1200, модуль аналогового вводу SM 1231, 4 AI, +/-10 В, +/-5 В, +/-2,5 В, або 0-20 мА 12 БІТ + знак (13 БІТ ADC).

Для моніторингу енергоефективності котла був обраний ІоТ Gateway SIEMENS ІоТ2000 ІО-Shield.

- 6ES7647-0КА01-0АА2 - Модуль вводу/виводу SIMATIC ІоТ2000, 5x DI 2x AI 2x DQ, ARDUINO Shield для SIMATIC ІоТ2040 та ІоТ2050.

BMX DDI 1602 - модуль дискретного вводу для Modicon M340

Основні характеристики

- Назва модуля: BMX DDI 1602
- Тип сигналу: Дискретний ввід (0/1).
- Кількість входів: 16 цифрових каналів у одній групі з загальною точкою.
- Напруга сигналу: Номінальна 24 В DC, діапазон вхідної напруги від 20,4 до 28,8 В DC.
- Споживаний струм: Максимум 7 мА на канал.
- Гальванічна ізоляція: Захист між входами та внутрішніми компонентами контролера.

Особливості

1. Індикація стану:
 - Кожен канал має свій світлодіод для індикації, що допомагає швидко визначати стан вводу (включено/вимкнено).
2. Діагностика:
 - Виявлення помилок сигналу, таких як коротке замикання або обрив, через інструменти ПЛК та програмне забезпечення.
3. Розширена функціональність:
 - Підтримка переривань процесу, що дозволяє миттєво реагувати на зміну стану сигналу.
4. Простота монтажу та налаштування:
 - Легко інтегрується у систему автоматизації через стандартну архітектуру Modicon M340, налаштовується через програмне забезпечення EcoStructure Control Expert

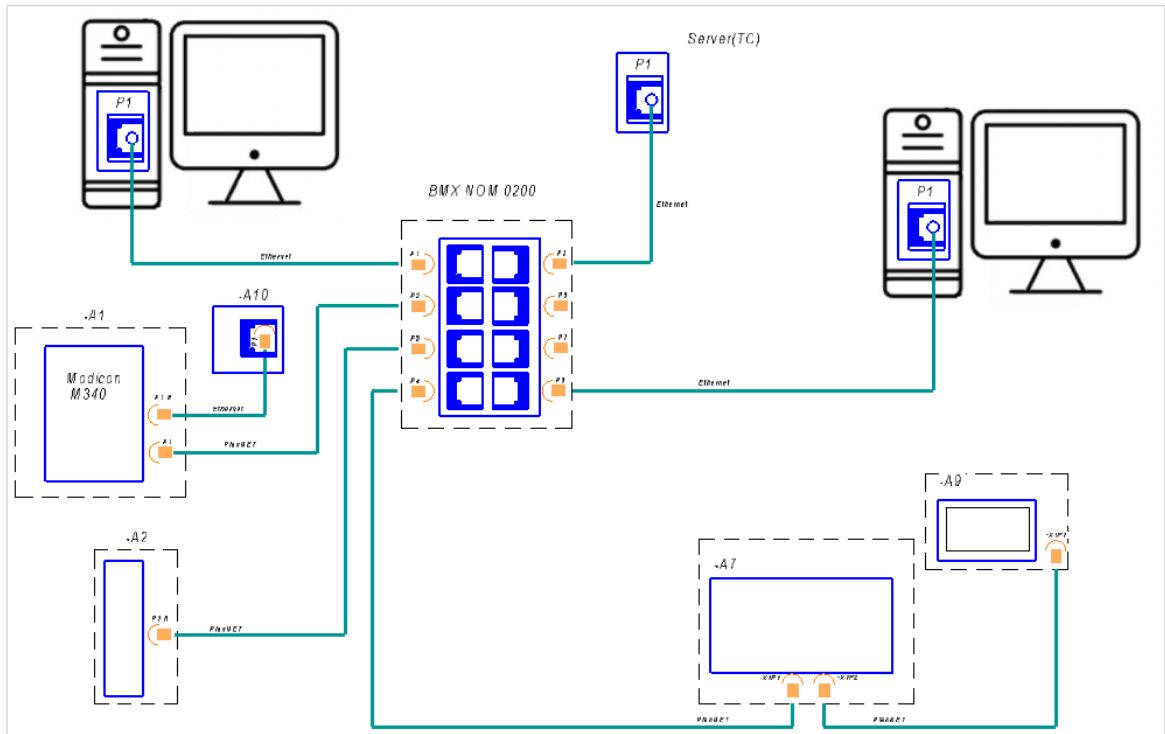


Рисунок 3.3 Компонування обладнання ІАСУВ

РОЗДІЛ 4 – СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

4.1. Підключення частотного перетворювача до ПЛК по промисловій мережі

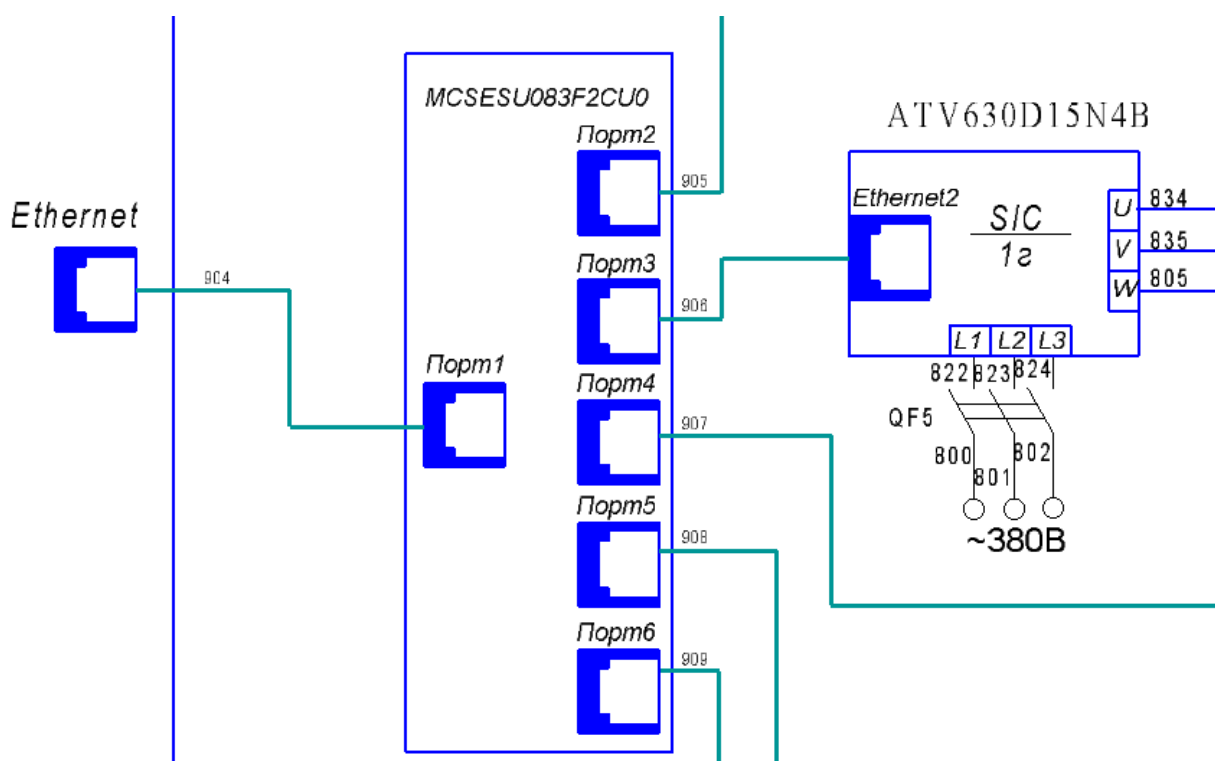


Рис 4.1 - Підключення частотного перетворювача до ПЛК по промисловій мережі

На схемі зображено підключення частотного перетворювача **ATV630D15N4B** до програмованого логічного контролера (ПЛК) через модуль **MCSESU083F2CU0**, який слугує інтерфейсом для взаємодії між компонентами. Це підключення забезпечує управління електродвигуном через Ethernet-мережу.

Основні компоненти системи:

1. Ethernet

- Служить основним середовищем передачі сигналів для забезпечення зв'язку між модулями.
- Використовується для передачі цифрових команд і зворотних сигналів від частотного перетворювача до ПЛК.

2. Модуль MCSESU083F2CU0

- **Функція:** Інтерфейсний модуль, який з'єднує ПЛК із зовнішніми пристроями, такими як частотні перетворювачі, сенсори чи виконавчі механізми.
- **Порти (Порт1 - Порт5):** Призначені для підключення до різних пристроїв через Ethernet, забезпечуючи одночасний контроль кількох компонентів.
- **Принцип роботи:**
 - Приймає сигнали управління від ПЛК через Ethernet.
 - Формує команди для частотного перетворювача через відповідний порт.
- **Функція:** Регулює частоту і напругу на виході для управління швидкістю електродвигуна.
- **Ethernet2:** Вхід для прийому команд від модуля MCSESU083F2CU0.
- **Вихідні контакти (U, V, W):** Подають трифазну напругу на електродвигун.
- **Живлення (~380В):** Забезпечує вхідну напругу для роботи частотного перетворювача.

4. ПЛК

- Відправляє команди управління до модуля MCSESU083F2CU0 через Ethernet.
- Здійснює моніторинг зворотних сигналів від частотного перетворювача.

Принцип роботи та передача сигналів:

1. **Передача команд управління:**
 - ПЛК через Ethernet передає цифрові сигнали на модуль MCSESU083F2CU0. Ці сигнали можуть містити дані про швидкість обертання, напрямок руху або запуск/зупинку двигуна.

- Модуль обробляє ці команди і передає їх через відповідний порт (наприклад, Порт2) до частотного перетворювача.

2. **Обробка команд частотним перетворювачем:**

- Частотний перетворювач **ATV630D15N4B** приймає сигнали через Ethernet2.

- На основі отриманих команд він змінює параметри вихідного сигналу (частота та напруга) і передає його на двигун через контакти **U, V, W**.

3. **Зворотній зв'язок:**

- Частотний перетворювач може відправляти зворотні сигнали (наприклад, про стан двигуна, перевантаження або помилки) назад на модуль **MCSESU083F2CU0**, який далі передає ці дані на ПЛК.

- Це дозволяє здійснювати моніторинг та вчасно реагувати на будь-які відхилення у роботі.

4. **Живлення системи:**

- Частотний перетворювач отримує трифазне живлення (~380В) через автоматичний вимикач **QF5**.

- Це живлення використовується для забезпечення роботи електродвигуна.

Переваги підключення:

- **Централізоване управління:** ПЛК забезпечує контроль усіх пристроїв через модуль MCSESU083F2CU0.

- **Гнучкість:** Ethernet дозволяє легко інтегрувати нові пристрої до системи.

- **Швидкість передачі даних:** Використання цифрових протоколів забезпечує точне та швидке управління.

Ця система ідеально підходить для складних автоматизованих процесів, де необхідно контролювати кілька пристроїв у режимі реального часу.

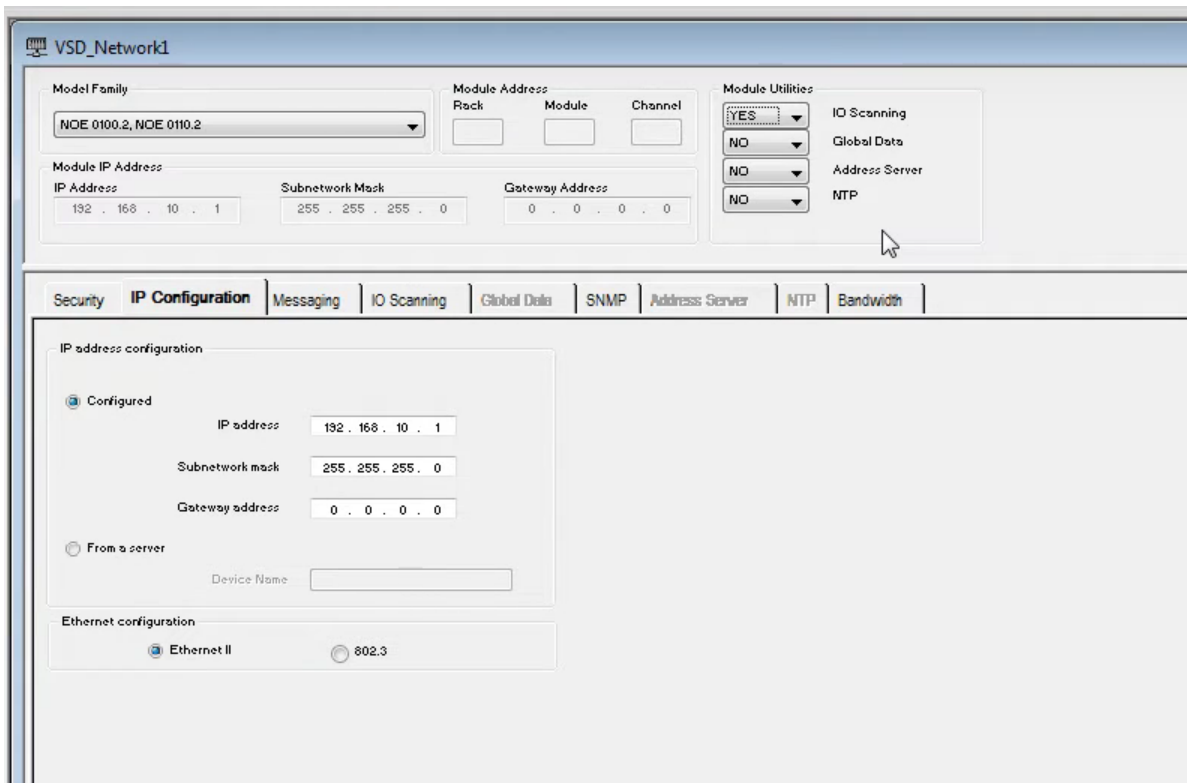


Рис 4.2 - конфігурацію Ethernet-модуля

Опис вкладки "IP Configuration"

1. IP Address Configuration (конфігурація IP-адреси):
 - Configured:
 - Вибрано опцію ручного введення IP-адреси.
 - IP Address: 192.168.10.1 — IP-адреса Ethernet-модуля.
 - Subnet Mask: 255.255.255.0 — маска підмережі. Вказує, що всі пристрої з адресою в межах 192.168.10.x будуть у тій самій підмережі.
 - Gateway Address: 0.0.0.0 — шлюз за замовчуванням не налаштований, що означає, що пристрій працює в локальній мережі без виходу в зовнішню.
2. Ethernet Configuration (конфігурація Ethernet):
 - Ethernet II: обраний протокол Ethernet II (тип кадру). Це стандарт для роботи більшості мереж із використанням IP.
3. Module Utilities (корисні утиліти модуля):

- IO Scanning: встановлено YES, що означає активоване сканування вводу-виводу через Modbus TCP/IP.
- Global Data: встановлено NO, тобто обмін глобальними даними через Ethernet не використовується.
- Address Server: встановлено NO, що означає, що модуль не використовується як DHCP-сервер.
- NTP: встановлено NO, тому синхронізація часу через NTP не активована.

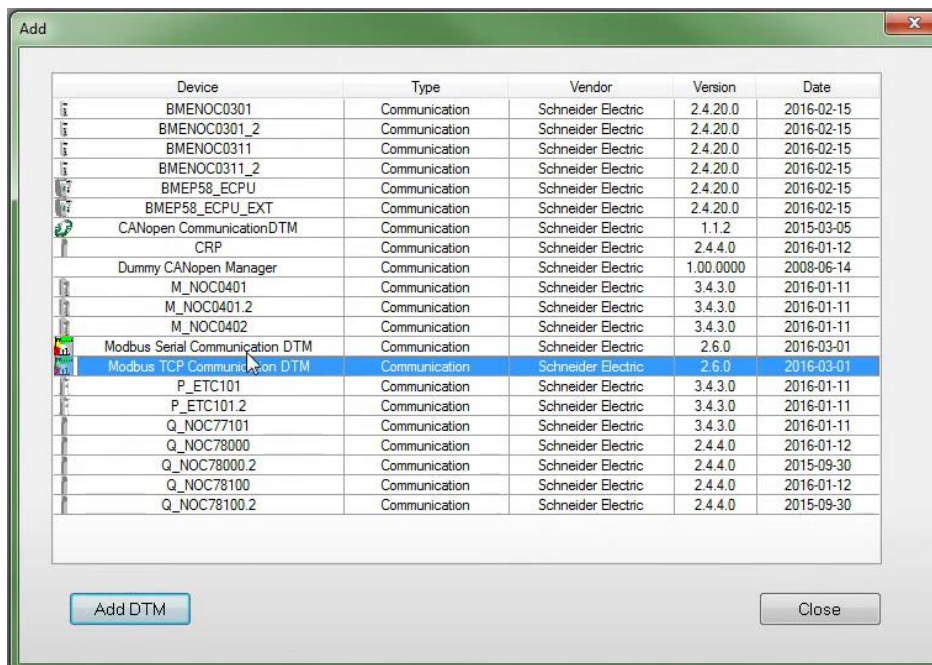


Рис 4.3 - вікно вибору та додавання драйверів Device Type Manager (DTM) у середовищі конфігурації

Роль драйвера Modbus TCP Communication DTM

- Він забезпечує інтеграцію пристроїв, що підтримують Modbus TCP, з ПЛК або SCADA-системою.
- Підключення дозволяє обмінюватися даними з частотними перетворювачами, датчиками або іншими пристроями, що використовують протокол Modbus TCP.

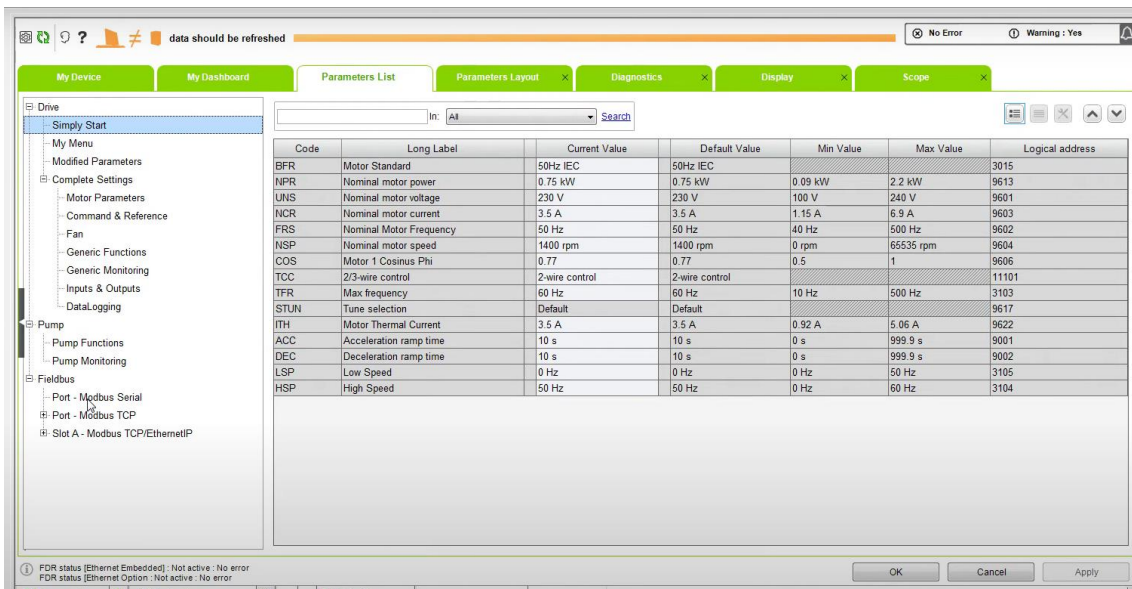


Рис 4.4 - інтерфейс налаштування частотного перетворювача через програмне забезпечення.

Як налаштувати Modbus TCP

1. Виберіть Port - Modbus TCP у меню Fieldbus.
2. Вкажіть IP-адресу частотного перетворювача у налаштуваннях:
 - Переконайтеся, що IP-адреса частотного перетворювача та ПЛК знаходяться в одній підмережі.
 - Встановіть маску підмережі (Subnet Mask) та шлюз (Gateway Address), якщо це необхідно.
3. Налаштуйте параметри обміну даними:
 - Використовуйте таблицю I/O Scanning у ПЛК для автоматизації обміну даними.
4. Переконайтеся, що частотний перетворювач та ПЛК «бачать» один одного по мережі.

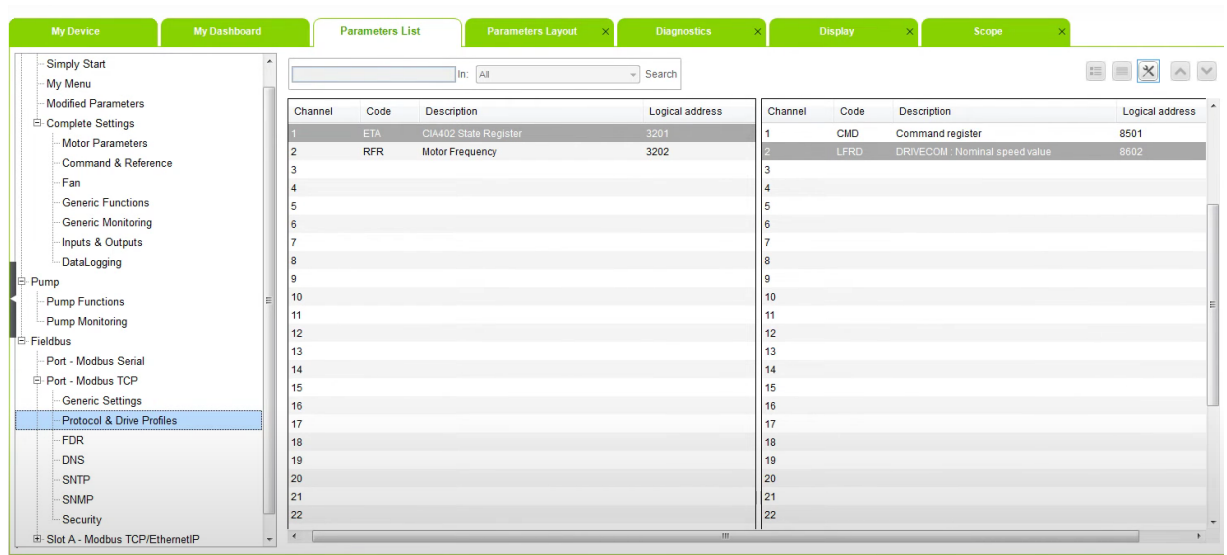


Рис 4.4 - інтерфейс налаштування частотного перетворювача через програмне забезпечення.

У меню зліва обрано категорію Protocol & Drive Profiles, яка відповідає за налаштування протоколів зв'язку. У правій частині екрана відображено таблицю параметрів, де зазначені такі ключові елементи:

1. Channel – номер каналу, за яким відбувається передача даних.
2. Code – код параметра, що відповідає за конкретну функцію частотника.
3. Description – опис параметра. Наприклад:
 - CIA402 State Register (канал 1, адреса 3201) — реєстр стану, який дозволяє зчитувати статус роботи приводу.
 - Motor Frequency (канал 2, адреса 3202) — частота двигуна, яка може бути налаштована або зчитана.

ВИСНОВОК

В кваліфікаційній роботі розглянуто розробку системи управління виробництвом молока питного ультрапастеризованого 2,6% жирності, з підсистемою управління пастеризацією.

При автоматизації процесу приготування затору при виробництві пива вибрано промисловий логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric M340. Дисплейна мнемосхема процесу первинного оброблення молока розроблялася в програмному забезпеченні Citect SCADA.

Тут були застосовані пристрої для вимірювання рівня в емкостях (рівнемір), засоби обліку витрати води (витратомір). Всі пристрої сумісні з роботою в парі з контролером, що дало змогу реалізувати роботу всього об'єкта на АРМ оператора.

Розроблено алгоритм роботи об'єкта, підібрано пристрої для підключення до контролера, наведено схеми підключень, складено специфікацію на замовлення пристроїв

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Машкін М. І. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання / М.І. Машкін, Н.М. Париш. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.
2. Власенко Л.О., Савченко Т.В., Довженко Є.В. Особливості проведення системного аналізу технологічного комплексу молокозаводу на основі ситуаційно-сценарного підходу. Вісник інженерної академії України. 2014. № 1. С. 259-264.
3. Островський А.Є. Промислова технологія виробництва молочних продуктів. – Х.: Видавництво НТУ “ХП”, 2018. – 475 с.
4. http://4ua.co.ua/manufacture/sb3ad79b5c53a89521306c27_0.html
5. Лазаренко І.С. Автоматизація виробничих процесів у харчовій промисловості / І.С. Лазаренко. – К.: Політехніка, 2012. – 276 с.
6. Павленко В.В., Шевченко Р.М. Основи автоматизованих систем управління у харчовій промисловості. – Одеса: ОНПУ, 2010. – 388 с.
7. Шинкаренко О.М. Інновації в молокопереробній промисловості: перспективи розвитку / О.М. Шинкаренко // Агроперспектива. – 2016. – № 3. – С. 12–17.
8. Петров О.В., Дмитренко А.І. Автоматизація процесів пастеризації молока на сучасних підприємствах / О.В. Петров, А.І. Дмитренко // Проблеми автоматизації виробництва. – 2019. – № 4. – С. 77–84.
9. Клименко І.О. Вплив автоматизації на продуктивність молочного виробництва // Технології харчових виробництв. – 2020. – № 2. – С. 94–102.
10. Машкін М.І. Економічні аспекти автоматизації у харчовій промисловості // Агроекономіка. – 2018. – № 6. – С. 41–50.
11. Деркач А.І. Роль SCADA-систем у сучасній промисловості / А.І. Деркач // Промислові технології. – 2017. – № 8. – С. 18–25.
12. <http://foodindustry.net/automation>

13. Коваленко В.П. Промислова автоматизація у молочному виробництві / В.П. Коваленко, Н.І. Вороновська. — Харків: ХНУ, 2019. — 312 с.
14. Лазаренко І.В., Черниш М.В. Основи технічного контролю якості молочної продукції. — К.: Освіта, 2017. — 258 с.
15. Савченко О.М., Павленко Г.П. Технічний контроль та автоматизація процесів у харчовій промисловості. — Одеса: Видавництво ОНПУ, 2018. — 274 с.
16. Петрова Л.І., Сидоренко М.О. Підходи до підвищення ефективності виробництва ультрапастеризованої продукції // Харчова промисловість України. — 2020. — № 2. — С. 73–80.
17. Машкін М. І. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання / М.І. Машкін, Н.М. Париш. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.
18. Власенко Л.О., Савченко Т.В., Довженко Є.В. Особливості проведення системного аналізу технологічного комплексу молокозаводу на основі ситуаційно-сценарного підходу. Вісник інженерної академії України. 2014. № 1. С. 259-264.
19. Поліщук Г.Є. Технологія молочних продуктів: підручник / Г. Є. Поліщук, О. В. Грек, Т. А. Скорченко та ін. — К. : НУХТ, 2013. — 502 с.
20. Ладанюк А. П. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [текст] монографія / А.П. Ладанюк, О. А. Ладанюк, Р. О. Бойко, В. В. Іващук, Д. О. Кроніковський, Д. А. Шумигай. — К.: Інтер Логістик Україна, 2015. — 408 с.
21. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу: навчальний посібник / А.П. Ладанюк — Вінниця: Нова книга, 2004. — 176 с.
22. Бойченко М. В. Сучасні підходи до управління якістю на підприємстві / М. В. Бойченко, М. І. Іванова, Н. В. Кудрявцева // Економічний простір. — 2014. — №89. — С. 150-158.

23. Савченко Т. В. Структура інтегрованої системи керування технологічним комплексом молочного виробництва / Т. В. Савченко, А. П. Ладанюк, І. В. Ельперін // Автоматизація виробничих процесів. – 2000. – № 1 (10). – С. 20 – 24.

24. Бас Ю. В. Механізм управління якістю продукції на підприємстві / Ю. В. Бас, С. С. Вишневський // Наука й економіка. – 2015. – Вип. 1. – С. 56-61.

25. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» денної та заочної форм навчання / уклад.: А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, Я.В. Смітюх, В.Д. Кишенько. – К.: НУХТ, 2020. – 70 с.

26. Проектування систем автоматизації галузі [Електронний ресурс]: Метод. рекомендації до викон. курс. проекту для студ. освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціалізації «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» ден. форм навч. / уклад.: Трегуб В.Г., Луцька Н.М., А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2017. – 48 с.

27. Белко І. А. Управління якістю продукції в системі стратегічного управління підприємством / І. А. Белко // Вісник Одеського національного університету. Серія : Економіка. - 2016. - Т. 21, Вип. 2. - С. 69-73.

28. Машкін М. І. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання / М.І. Машкін, Н.М. Париш. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.

29. Власенко Л.О., Савченко Т.В., Довженко Є.В. Особливості проведення системного аналізу технологічного комплексу молокозаводу на основі ситуаційно-сценарного підходу. Вісник інженерної академії України. 2014. № 1. С. 259-264.

30. Поліщук Г.Є. Технологія молочних продуктів: підручник / Г. Є. Поліщук, О. В. Грек, Т. А. Скорченко та ін. – К. : НУХТ, 2013. – 502 с.
31. Ладанюк А. П. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [текст] монографія / А.П. Ладанюк, О. А. Ладанюк, Р. О. Бойко, В. В. Іващук, Д. О. Кроніковський, Д. А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
32. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу: навчальний посібник / А.П. Ладанюк – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.
33. Бойченко М. В. Сучасні підходи до управління якістю на підприємстві / М. В. Бойченко, М. І. Іванова, Н. В. Кудрявцева // Економічний простір. – 2014. – №89. – С. 150-158.
34. Савченко Т. В. Структура інтегрованої системи керування технологічним комплексом молочного виробництва / Т. В. Савченко, А. П. Ладанюк, І. В. Ельперін // Автоматизація виробничих процесів. – 2000. – № 1 (10). – С. 20 – 24.
35. Бас Ю. В. Механізм управління якістю продукції на підприємстві / Ю. В. Бас, С. С. Вишневський // Наука й економіка. – 2015. – Вип. 1. - С. 56-61.
36. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» денної та заочної форм навчання / уклад.: А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, Я.В. Смітюх, В.Д. Кишенько. – К.: НУХТ, 2020. – 70 с.
37. Проектування систем автоматизації галузі [Електронний ресурс]: Метод. рекомендації до викон. курс. проекту для студ. освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціалізації «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» ден. форм навч. / уклад.: Трегуб В.Г., Луцька Н.М., А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2017. – 48 с.

38. Кузьмін О. Є. Основи управління виробництвом: теорія і практика. — Київ: Либідь, 2012. — 432 с.
39. Лебеденко В. І. Менеджмент у харчовій промисловості. — Харків: Основа, 2018. — 378 с.
40. Захаров П. В. Технології молока та молочних продуктів. — Львів: Політехніка, 2015. — 512 с.
41. Гуральник І. А. Системи якості у молочній промисловості. — Київ: Агроосвіта, 2016. — 301 с.
42. <https://www.dairyreporter.com/Article/2020/ERP-software-benefits-in-dairy-industry>
43. <https://www.energy.gov/eere/energy-efficiency-in-dairy-processing>
44. <https://www.foodengineeringmag.com/articles/automation-trends-in-dairy-processing>
45. <https://www.dairysustainabilityframework.org/practices>
46. <https://www.iso.org/standard/44651.html>
47. <https://www.tetrapak.com/solutions/integrated-solutions-equipment/processing-equipment/pasteurization/tetra-pak-pasteurizer-d>
48. Лазаренко І.В., Черниш М.В. Основи технічного контролю якості молочної продукції. — К.: Освіта, 2017. — 258 с.
49. Савченко О.М., Павленко Г.П. Технічний контроль та автоматизація процесів у харчовій промисловості. — Одеса: Видавництво ОНПУ, 2018. — 274 с.
50. Петрова Л.І., Сидоренко М.О. Підходи до підвищення ефективності виробництва ультрапастеризованої продукції // Харчова промисловість України. — 2020. — № 2. — С. 73–80.
51. Деркач А.І. Роль SCADA-систем у сучасній промисловості / А.І. Деркач // Промислові технології. — 2017. — № 8. — С. 18–25.
52. <http://foodindustry.net/automation>
53. Павленко В.В., Шевченко Р.М. Основи автоматизованих систем управління у харчовій промисловості. — Одеса: ОНПУ, 2010. — 388 с.

54. Клименко І.О. Вплив автоматизації на продуктивність молочного виробництва // Технології харчових виробництв. – 2020. – № 2. – С. 94–102.
55. Машкін М. І. Технологія молока і молочних продуктів: Навчальне видання / М.І. Машкін, Н.М. Париш. — К.: Вища освіта, 2006. — 351 с.
56. Власенко Л.О., Савченко Т.В., Довженко Є.В. Особливості проведення системного аналізу технологічного комплексу молокозаводу на основі ситуаційно-сценарного підходу. Вісник інженерної академії України. 2014. № 1. С. 259-264.
57. http://4ua.co.ua/manufacture/sb3ad79b5c53a89521306c27_0.html
58. Siemens AG. SIMATIC PCS 7 - Process Control System. Офіційний сайт Siemens. [Електронний ресурс]. URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/pcs7.html>
59. Endress+Hauser. Промислові рішення для харчової промисловості. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.endress.com/solutions/food-beverage>
60. Schneider Electric. Приводи Altivar для автоматизації виробництва. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/2203-altivar-process>